



Die Städtereinigung.

Einleitung, Abfuhrsysteme, Kanalisation.

Bearbeitet von

Dr. R. Blasius,
Professor in Braunschweig.

Prof. F. W. Büsing
in Friedenau-Berlin.

Mit 79 Abbildungen.

HANDBUCH DER HYGIENE.

HERAUSGEGEBEN VON

DR. THEODOR WEYL.

ZWEITER BAND. ERSTE ABTHEILUNG.



JENA,

VERLAG VON GUSTAV FISCHER.

1894.

Inhaltsübersicht.

Die Städtereinigung.

1. Einleitung

bearbeitet

von Prof. Dr. **R. Blasius**
in Braunschweig.

	Seite
I. Geschichte und Entwicklung der Städtereinigung	1
II. Art, Menge, Bestandteile und Wert der städtischen Abfallstoffe	14
1. Feste und flüssige Exkremente des Menschen	15
2. Feste und flüssige Exkremente der Haustiere	18
3. Abwässer der Küchen und Badeanstalten	21
4. Abwässer aus gewerblichen Betrieben	23
5. Feste Abgänge der Schlachthäuser und Fabriken, Tierkadaver, Leichen	25
6. Hauskehricht	25
7. Straßenkehricht	25
8. Regenwasser	28
9. Die menschlichen Leichen	29
10. Gesamtmenge der Abfälle einer Stadt	29
III. Notwendigkeit und Nutzen der Städtereinigung .	31
1. Verunreinigung des Bodens	31
2. Verunreinigung der Luft	32
3. Verunreinigung des Wassers	34
4. Erfolge der Städtereinigung	36
5. Schluß	41
Register	297

2. Abfuhrsysteme

bearbeitet

von Prof. Dr. **R. Blasius**
in Braunschweig.

	Seite
Abfuhrsysteme	43
A. Grubensystem	43
Hauswassergruben, Senkgruben, Schwind-(Versitz-)gruben, Ab- trittsgruben	44
1. Lage und Bau der Abtrittsgruben	45
2. Ventilation der Abtrittsgruben	46
3. Desinfektion und Desodorierung der Abtrittsgruben	47
α) Desinfektion	47
1. Rohe Salzsäure	47
2. Kalkmilch	47
β) Desodorierung	47
1. Durch Zerstörung der übelriechenden Gase	47
a) Chemikalien	47
1. Eisenvitriol, rohes	47
2. Rohes Manganchlorür	48
3. Rohes Kaliumpermanganat	48
4. Rohe Karbolsäure	48
5. Gemische verschiedener Chemikalien	50
α) Süvern'sches Verfahren	48
β) Friedrich's Verfahren	50
γ) Zeitler'sches Verfahren	50
δ) Wilhelmy'sches Verfahren	51
ϵ) Hartmann's Verfahren	52
ζ) Jennings's Desinfektor	52
η) System Grumbkow (nach Tuch und Wilhelmy), Jones, Rössemann, War- ner, Mahlow, Röber, Gläser, Good- son, Mallet	52
θ) Verfahren von Hennebutte und Vauréal	52
ι) Verfahren von Desbrousses	52
b) Poröse, feinpulverige Substanzen (Kohle, Erde, Torf, Asche etc.)	52
2. Durch mechanische Einrichtungen	53
a) Trennung der flüssigen und festen Exkremente	53
1. Diviseur von Gourlier	53
2. Diviseur von Dugleré	53
3. Chesshire's Intercepting tank	54
4. Taylor's Apparat	54

	Seite
5. Baudin's Patent apparatus	54
6. d'Arcet'sches System mit Trennung	54
7. Wustandt'sches System	55
8. Neßler's Patent	55
9. Bonnefin's Verfahren	56
b) Durch dichte mechanische Verschlüsse	56
1. Schleh'sches Verfahren	56
2. Goldner'sches Verfahren	57
3. Thiriart'sches Verfahren	57
4. Mouras'sches Verfahren	57
5. Pagliani'sches Verfahren	59
4. Entleerung der Abtrittsgruben	60
α) Entleerung durch Handarbeit	60
β) Entleerung durch Maschinen (Hartmann)	61
1. Handpumpen	61
2. Dampfmaschinen	61
a) Schneitler	62
b) Klotz	63
c) Talard und Philippot & Keller	65
d) Breyer's Gas-, Hochdrucksystem	65
Städte mit Grubensystem:	
1. Mülhausen i./E.	66
2. Stuttgart	66
3. Posen	67
4. Chemnitz	67
5. Straßburg i./E.	68
6. Dresden	68
7. Leipzig	69
Litteratur	69
B. Tonnen-(Kübel-, Eimer-, Kasten-)System	71
1. Tonnensysteme ohne Einrichtungen zur Desodorierung oder Desinfektion	71
a) Form der Tonnen	71
b) Material der Tonnen	72
c) Ventilation der Tonnen	72
d) Aufstellung, Wechsel und Abfuhr der Tonnen	72
Heidelberger Tonnensystem	73
Modifikationen von Pagliani, Kruse, Bernatz	76
2. Tonnensysteme mit Einrichtungen zur Desodorierung oder Desinfektion	77
a) Mit Trennung der festen und flüssigen Exkremente	77
1. Tonnen-Diviseur von Dugleré	77

	Seite
2. Huguin'scher Separateur	78
3. Tonnen-Diviseur von Cazeneuve	78
4. Tinette filtrante mit Apparat Richer	78
5. Tinette filtrante mit Apparat Belicard und Chenaux (Modifikation von Canier)	79
6. Züricher Tonnen-Scheide-System	79
b) Mit Beimengung von desodorierenden oder desinfizierenden Mitteln	80
Petri'sches Tonnensystem	80
Kübel-, Eimer-, Kasten-Systeme (Blanchard-System)	80
Städte mit Tonnen- (Kübel-, Eimer-, Kasten-)System:	
1. Augsburg	82
2. Emden	82
3. Gröningen	84
4. Göteborg	84
5. Kopenhagen	85
6. Weimar	85
7. Stade	85
8. Görlitz	86
9. Glatz	86
10. Kiel	86
11. Graz	86
12. Greifswald	86
Litteratur	88
C. Klosettsysteme	89
Einleitung	89
1. Aborträume	90
2. Innere Aborteinrichtungen	90
a) Sitzplatte	90
b) Trichter	90
c) Abtrittsrohr	90
Türkische Klosetts	91
Wasserklosetts (siehe unter Schwemmkanalisation!)	91
Trocken- oder Feuerklosetts	91
Scheidling	91
Swiecianowski	91
Smead	91
Weyl-Seipp	91
1. Klosetts mit Trennung der festen und flüssigen Exkre- mente ohne Zusatz desodorierender oder desinfizierender Mittel	93
a) Chaises percées	93

	Seite
b) Schwedisches Luftklosett	93
c) Klosetts nach Tacon, Chavautier, Fortin und Lagrue	93
2. Klosetts mit Trennung der festen und flüssigen Exkre- mente und Zusatz desodorierender oder desinfizierender Mittel	94
a) Mosselmann's Klosett	94
b) Müller-Schür'sches Klosett	96
c) J. Kloss's Streuabort	97
3. Klosetts mit Zusatz von desodorierenden und desinfizierenden Mitteln ohne Trennung der festen und flüssigen Exkre- mente	97
a) Streuaborte mit Chemikalien (M. Friedrich, E. Ober- länder, Kleemann, F. Mundt, Tischbein)	97
b) Erdklosett (Moule, Lascelles, Behrens, Ellis, Carrett u. s. w.), Passavant's verbesserter Erdabtritt	97
c) Aschenklosett (Morell, Tarjet, Goux, Salmon u. s. w.)	100
d) Torfstreuklosett	102
Torf, Torfstreu, Torfmüll	103
Torstreuklosetts von Bischleb und Kleucker, L. Meyerding, H. Cuers und P. Frank, Poppe, Smolian, Gehring	105
Anhang. Pissoirs. Einzel- und Massenpissoirs, Becken-, Rinnen-, Wandpissoirs	110
Litteratur	112
Verzeichnis der Abbildungen	113
Register	297

3. Die Kanalisation.

bearbeitet

von Prof. **F. W. Büsing**
in Friedenau-Berlin.

I. Geschichtliches	115
1. Aeltere Zeit, bis etwa zur Mitte des gegenwärtigen Jahr- hunderts	115
2. Neuere und neueste Zeit	117
Litteratur	122
II. Aufgabe im allgemeinen und Zeitpunkt	122
1. Hygienische Bedenklichkeit der Abfallstoffe	122
2. Begrenzung der Aufgabe	124

	Seite
3. Direkter und indirekter Einfluß der Bevölkerungsdichte . .	124
4. Besonderer Einfluß der Einführung öffentlicher Wasserleitung	126
5. Oberirdische Ableitung des Meteorwassers	127
6. Zeitpunkt der Einrichtung unterirdischer Entwässerung . .	128
III. Gattungen und Mengen der abzuführenden	
Wässer	130
1. Oberflächen-(Straßen- und Hof-)Wässer	130
a) Beschaffenheit	130
b) Menge	132
2. Häusliche Brauchwässer	142
a) Beschaffenheit	142
b) Menge	144
3. Fabrikwässer	148
4. Mischung städtischer Abwässer	149
a) Anteil der exkrementellen Stoffe	149
b) Mikrobenmenge	152
c) Schwebestoffe	153
IV. Entlastung des Kanalnetzes; Regenüberfälle . .	155
V. Das Wesentlichste über Trennsysteme	159
1. Trennsysteme im allgemeinen; prinzipielle Vergleiche . .	159
2. Die einzelnen Trennsysteme	164
a) Trennsystem nach Liernur	164
b) Trennsystem nach Berlier	165
c) " " Shone	166
d) " " Waring	167
<i>Anhang, die Trennsysteme betreffend, bearbeitet von Prof.</i>	
<i>Dr. R. Blasius in Braunschweig</i>	167
VI. Tiefenlage der Kanäle	180
1. Frostsicherheit	180
2. Rücksicht auf sonstige unterirdische Leitungen	181
3. Tiefenlage der Kellersohlen	181
4. Einfluß der Straßenbreite	182
5. Spezielle gesundheitliche Rücksichten	183
a) Allgemeine Beziehungen der Kanalisation zu Grundwasser- und Boden-Verunreinigung	183
b) Selbstthätige Senkung des Grundwasserspiegels . . .	185
c) Künstliche Senkung des Grundwasserspiegels	185
d) Sicherheit gegen Kellerüberschwemmungen	186
e) Beziehungen der Tiefenlage der Kanäle zur Beschaffen- heit der Kanalluft	187
6. Verwaltungsrücksichten	187
7. Beziehungen zwischen Tiefenlage und Kanalprofilen . . .	188
8. Einfluß der Terraingestalt	188

	Seite
9. Bedeutungslosigkeit allgemeiner Regeln	188
10. Besondere Einrichtungen bei dauernd hohen Grundwasser- ständen	189
VII. Kanalgefälle und Wassergeschwindigkeiten	190
VIII. Kanalprofile	194
1. Profilform	194
2. Profilgröße	197
IX. Generelle Anordnung des Kanalnetzes	199
1. Allgemeine Rücksichten	199
2. Das Abfangsystem	201
3. Das Parallelsystem	201
4. Das Radialsystem	203
X. Baumaterialien und Konstruktion der Kanäle	205
1. Glasierte Thonröhren	206
2. Kanäle und Röhren aus Cementbeton	207
3. Asphaltrohre	208
4. Kanäle aus Ziegelsteinen	208
5. Kanäle aus Hausteinen	208
6. Eisenrohre	208
7. Chemische und physikalische Einflüsse, welchen die Kanäle unterworfen sind, und Schutzmittel	209
8. Wasserschlüsse	211
XI. Revisions-Einrichtungen; Einsteigeschächte; Lampenlöcher	217
1. Einsteigeschächte	217
2. Lampenlöcher	220
XII. Einlässe (Einläufe, Gullies, Sinkkasten) und ähnliche Einrichtungen	220
1. Gullies	220
2. Sammeleinrichtungen für Regenrohre und Fetttöpfe	224
XIII. Kanalspülung	225
XIV. Luftwechsel in den Kanälen	229
1. Gründe für Erneuerung der Kanalluft	229
2. Ursachen und Mittel für den Luftwechsel in Kanälen	231
a) Einfluß der Feuchtigkeit der Kanalluft	231
b) Chemische Ursachen	233
c) Vereinigter Einfluß der Feuchtigkeit und der chemi- schen Ursachen	233
d) Geschwindigkeit der Luftbewegung infolge von Tempe- raturunterschieden	235
e) Einfluß von Barometerdruck-Verschiedenheiten	236
f) Einfluß der Wasserströmung im Kanal	237

	Seite
g) Einführung von Luft in die Kanäle durch Saugwirkung	238
h) Einfluß des Windes	239
3. Summarisches Ergebnis der Betrachtungen zu a—g.	239
4. Direkte Versuche über die Luftbewegung in Kanälen	239
5. Folgerung bezüglich der Kanalgas-Theorie	242
6. Künstliche Lüftungseinrichtungen	242
XV. Besondere Anlagen und Einrichtungen	244
1. Einbeziehung offener Wasserläufe in eine Kanalisationsanlage	244
2. Kreuzung von Kanälen mit unterirdischen Leitungen und offenen Wasserläufen	245
3. Einlässe für Abwässer in offene Recipienten	246
4. Allgemeines über Pumpwerke für Kanalisationsanlagen	248
a) Größe des Pumpwerks	248
b) Besonderheiten desselben mit Bezug auf die Wasserbeschaffenheit	250
XVI. Hausentwässerung	252
1. Zahl und Lage der Hausanschlüsse	252
2. Benutzung der Hausanschlüsse für den Zweck der Kanallüftung	253
3. Schutz gegen Kellerüberschwemmung durch Rücktritt des Wassers aus dem Straßenkanal	258
4. Wasserklosetts	262
a) Allgemeine Charakterisierung	262
b) Formen und Einrichtungen im weiteren Sinne	264
c) Typische Formen im speziellen Sinne	265
5. Pissoire	269
6. Waschbecken	270
7. Größe der häuslichen Entwässerungsleitungen und Material	270
a) Weite der Leitungen	270
b) Material	271
8. Allgemeine Anordnung, sowie Einzelheiten der Hausentwässerungsanlage	272
9. Spülung der Hausleitungen	274
10. Beispiel einer Hausentwässerung	277
11. Mitwirkung der öffentlichen Verwaltung bei Hausentwässerungsanlagen	278
XVII. Unterhaltung und Betrieb von Kanalisationen	282
1. Unterhaltung	282
2. Betrieb	282
3. Schutz der im Kanalisationsbetriebe beschäftigten Arbeiter	285
XVIII. Summarische Angaben über Kosten	286
1. Baukosten der Straßenkanäle	286

	Seite
2. Hausentwässerungskosten	289
3. Unterhaltungs- und Betriebskosten der Kanalisation . .	289
4. Kostentragung	291
Litteratur des Gesamtgebiets, besonders auf Einzelanlagen be- zügliche, vergl. auch die Litteraturübersichten am Schlusse der größeren Abschnitte	293
Verzeichnis der Abbildungen	295
Generalregister zur Städtereinigung	297
Berichtigungen	304



EINLEITUNG
ZUR
STÄDTEREINIGUNG.

BEARBEITET

VON

DR. R. BLASIUS,
PROFESSOR IN BRAUNSCHWEIG.

MIT 2 KURVEN.

HANDBUCH DER HYGIENE

HERAUSGEGEBEN VON

DR. THEODOR WEYL.

ZWEITER BAND. ERSTE ABTEILUNG.

JENA,
VERLAG VON GUSTAV FISCHER.
1894.

I. Geschichte und Entwicklung der Städte- reinigung.

Soweit uns geschichtliche Ueberlieferungen vorliegen, hatten die Menschen von jeher den Trieb in größeren Mengen zusammenzuleben. Geschah dies in der Form des Nomadenlebens, so war es ein leichtes, die Abfallstoffe zu beseitigen. Dieselben wurden der Erde übergeben, wo sie eine natürliche Zersetzung durchmachten, ohne eine übermäßige Verunreinigung des Bodens bewirken zu können, weil der Ort der Niederlassung häufigem Wechsel unterlag.

Auch beim Uebergange aus dem Nomadenleben zum sesshaften Zusammenwohnen war es in Dörfern und kleineren Städten immer noch möglich, die Dejektionen in ähnlicher Weise zu beseitigen, indem man sie zur Mineralisierung mit dem Erdboden mischte und damit zu gleicher Zeit der Landwirtschaft die nötigen Düngmittel lieferte. Für größere Städte dagegen ergaben sich bei Beseitigung der Abfallstoffe von jeher bedeutendere Schwierigkeiten. Aus diesen Gründen hat man schon in den frühesten Zeiten versucht, das, was man an Düngstoffen nicht für die Landwirtschaft verwenden konnte, entweder den Flüssen zu übergeben oder an der Luft auszutrocknen oder zu verbrennen. Erde, Wasser, Luft und Feuer sind daher seit jeher von dem Menschen zur Ueberführung der aus den menschlichen Wohnungen stammenden organischen Abfälle in anorganische Stoffe benutzt worden.

Die Geschichte lehrt, daß diejenige Methode zur Entfernung der Fäkalien, die jetzt von größeren Städten, wenn irgend möglich, angewandt wird, nämlich die Fortspülung in unterirdischen Kanälen, schon in den frühesten Zeiten im Gebrauch war. Auch die bis auf den heutigen Tag erhaltenen Baudenkmäler aus vielen Städten des Altertums beweisen uns dies.

Babylon besaß nach Layard¹ schon sehr große Schwemmsiele, die mit den Wohnhäusern durch Seitenkanäle in Verbindung standen.

In Aegypten waren die größeren, vom Ueberschwemmungsgebiete des Nils entfernter liegenden Ortschaften mit einem Kanalsystem versehen, das die städtischen Abwässer teils direkt in den Fluß, teils zur Berieselung auf nahegelegene Wüstenstrecken führte. Die Gefangenen wurden zur Reinigung der Kanäle verwandt.

Bei den Juden existierten in Bezug auf Reinhaltung des Bodens mehrfach Vorschriften, so heißt es im 5. Buch Mosis, Kap. 23, V. 12: „und du sollst einen Ort außerhalb des Lagers haben, wohin du gehst zur Notdurft der Natur“, und ebenda V. 13: „und du sollst ein Schäuflein am Gürtel tragen, und wenn du gesessen bist, sollst du ringsum graben und mit Erde bedecken, was von dir gegangen“.

Noch heute hat sich diese Sitte bei den kriegesischen Araberstämmen erhalten. Außerhalb des Dorfes verrichtet der Araber seine Notdurft, und die Sonne sorgt für rasche Austrocknung und Desinfektion der Exkremente².

Jerusalem besaß zur Zeit der Judenkönige Wasserleitungen und Drainage, und noch jetzt kann man die Spuren der Rinnen über die Felsen hin nach dem Kedronthale zu verfolgen; auch Ninive hatte Wasserleitung und Drainage.

Die Griechen hatten in dem Alphebron einen Raum zur Ablagerung der Exkremente, der weitab von den eigentlichen Wohnzimmern lag. Außerdem waren bei den Griechen und auch bei den Römern tragbare Vasen (*Scaphium*) in Gebrauch zur Sammlung der Exkremente.

Für die Fortschaffung der Abwässer aus den Städten und für die Reinhaltung der Straßen scheint bei den Griechen wenig geschehen zu sein. In Athen z. B. waren, wie es scheint, nur notdürftige Abzugsrinnen, aber kein Straßenpflaster vorhanden.

Die Etrusker hatten, wie Narducci³ nachgewiesen, eine vollständige Drainage der Tuffhügel in der Kampagna bei Rom ausgeführt. Im hygienischen Museum der Universität Rom sind diese Bauten durch äußerst instruktive Modelle veranschaulicht.

Tarquinius Priscus (616—578 v. Chr.) erbaute in Rom die *Cloaca maxima*, welche ursprünglich zur Entwässerung des Forums bestimmt war. Später benutzte der König Tarquinius Superbus dieselbe zur Ableitung von Unrat aus den Häusern und Straßen. Livius berichtet in Lib. 39, Kap. 44, daß die Censoren M. Porcius Cato und L. Valerius 184 v. Chr. „ad urbis nostrae salubritatem“ die Ausräumung der verstopften Kloaken für 1000 Talente = 225 000 M. verdangen. Die Abzugskanäle für die Privathäuser mußten sich, wie uns Livius ebenda erzählt, die Hausbesitzer selbst bauen und in die öffentlichen Kloaken einleiten, wie es nach Ortsbaustatut vorgeschrieben war.

Marcus Agrippa (63—12 v. Chr.) erweiterte das Kanalsystem und ließ „7 Bäche“ zur Abschwemmung des Unrats gegen die Tiber zu in die Kanäle leiten.

Die Kanäle standen unter besonderer Aufsicht, anfangs der Censoren, später der Aedilen, zuletzt der *Curatores cloacarum*. In bestimmten Abständen wurden bis zur Straße reichende Schächte an den Kloaken eingerichtet, welche die atmosphärischen Niederschläge aufnahmen und eine Ventilation der Kanäle bewirkten.

Senkgruben scheinen nicht häufig gewesen zu sein, am *Mons palatinus* hat man im Palaste des Domitian bei den Ausgrabungen Latrinen gefunden, die offenbar mit Wasser nach den Kloaken zu gespült wurden³.

Nach Klette⁴ finden wir in den antiken Abortsanlagen der neueren Thermen von Pompeji Klosetts und Pissoirs mit Wasserspülung. (Nach den Beschreibungen von Overbeck und Michaelis sind dieselben bei Klette in den beigegebenen Tafeln abgebildet.)

In Pompeji und Herculaneum sieht man auch in den Privathäusern noch jetzt aus Stein hergestellte Latrinen, die Spülvorrichtungen haben.

Zur Zeit Diocletians bestanden in Rom nach Victor (*De regionibus urbis Romae*) 144 öffentliche Aborte, die vom Staate gegen Entgelt verpachtet wurden.

Der Kaiser Augustus ließ die städtischen Siele Roms wiederherstellen. Theodorich wies ebenfalls eine größere Summe an, um die Ableitungskanäle für die städtischen Abwässer restaurieren zu lassen.

In Trier fand man 1879 einen aus Ziegelsteinen erbauten alt-römischen Abzugskanal, ähnlich wurden nach Liger in Paris auf der Notre-Dame-Insel alte römische Abzugsgräben von 0,6 m Höhe und 0,5 m Breite entdeckt.

Bei dem Untergang des römischen Reiches gerieten die meisten dieser öffentlichen Sanitätseinrichtungen wieder in Verfall.

In den ersten Jahrhunderten nach Christi Geburt hatten hauptsächlich die an Flüssen gelegenen Städte Abzugskanäle mit Spülung, sonst wurden die Exkremente in Senkgruben gesammelt oder, wie man jetzt noch an den Ruinen vieler alten Burgen sehen kann, frei am Bergabhang dem Regen und der Sonne zur Fortschaffung überlassen.

Verhältnismäßig hoch entwickelt war im Mittelalter die Gesundheitspflege bei den Mauren. So finden wir, was die Städtereinigung anbetrifft, in dem alten Maurenschlosse, der Alhambra in Spanien, nach O. Mothes, „Aborte von einer bemerkenswerten Konstruktion aus Ziegel und gebranntem, sehr gut glasiertem Thon erhalten. Der Sitz ist gemauert, unter dem Trichter hängt ein Rohrstutzen, und zwischen ihm und der darunter befindlichen Schale, bei Stockwerksaborten unter dem Ende des Hauptrohres geht fließendes Wasser durch, welches die Auswurfstoffe mitnimmt und zugleich einen Wasserverschluß bildet“. Genauere Abbildungen giebt uns Klette in seinem oben citierten Werke⁴.

Das Mittelalter zeigte sonst wenig Sinn für Reinlichkeit der Städte und Wohnlichkeit der Häuser. Die engen, schmutzigen Gassen und die finsternen Häuser mit kleinen Fenstern waren das getreue Abbild der engherzigen und finsternen Zeit. Die Exkremente versanken und versickerten in den Erdboden neben oder unter den Häusern oder wurden einfach in die meistens stagnierenden Stadtgräben oder, was immer noch am günstigsten war, in die vorbeiströmenden Flüsse geworfen.

Aus jener Zeit stammen auch die schlechten Kanäle mit mangelhaftem Gefäll, schlecht gemauerten Wandungen, system- und planlos angelegt, mit breiter Sohle und oft ohne Spülung, bis endlich einmal ein Regenguß sich erbarmte und den Augiasstall aufwühlte. Eine Leistung jener Zeit sind auch die sogen. Versitzgruben, welche oft gewaltige Dimensionen hatten und bis in die neueste Zeit hinein in einzelnen Städten bestanden und noch bestehen. In Freiburg waren nach Beyerlein⁵ bis jüngst 1000 solche alte Versitzgruben mit einer Tiefe bis zu 40 und einem Durchmesser bis zu 20 Fuß. In Köln hatten sie eine Tiefe von 12 Meter und wurden zugemauert, sobald sie gefüllt waren. In Zürich gab es früher die sogen. Ehegräben, auch Reihen oder Winkel genannt, wobei die Abtritte frei ausmündeten und die Exkremente in dem schmalen Gang zwischen 2 Häusern liegen blieben. In Weissenburg, in Dinkelsbühl und Wasserburg besteht dies System noch heute.

Doch finden wir auch im Mittelalter Städte, welche derartige Zustände für verwerflich hielten und hiergegen voringen.

So wurden in Nürnberg bereits im 14. Jahrhundert die „geheimen Gemächer“ bei Nacht durch Arbeiter, die man merkwürdigerweise

„Pappenheimer“ nannte, geräumt und der Inhalt in die Pegnitz geführt. In Augsburg wurden 1387 die inneren Stadtgräben tiefer gelegt und 1408 diese Kanäle mit einem Kostenaufwand von 300 Goldgulden, ca. 800 M., vom Unrat gereinigt. München verordnete 1370 und Passau 1535 Folgendes:

„Holz oder Unflat vor den Thüren
Ist binnen 3 Tagen wegzuführen
So wie auch mit dem Schweinehalten
Soll geschehen, so wie vor Alten,
Damit niemand keinen Unflat
Vor seiner Thür oder auf der Gasse hat.
Unsauberes aus den Häusern gießen
Wird man auch mit Strafe büßen.“

Nicht besser sah es in anderen Städten Deutschlands aus.

Ueber die Zustände in Straßburg i./E. berichtet uns der Verfasser der „Straßburger Gassen- und Häuser-Namen“⁶: „Der gewöhnliche Ausdruck für Abtritt war Sprochhus, eigentlich Rathaus, besonderes geheimes Besprechzimmer, ein alter Straßburger Euphemismus, sowie man an anderen Orten für den nämlichen Zweck Kanzlei und ähnliche brauchte. Längs der Ill sah man noch zu Ende des 15. Jahrhunderts an der Hinterseite der Häuser hangende Sprochhüser, die wie Schwalbennester da angebracht waren und ihren Inhalt ohne weiteres in das vorüberfließende Wasser sandten. — Endlich waren Misthaufen vor den Häusern nichts Seltenes; bereits im 12. Jahrhundert verbot der Bischof: *nemo fimum aut purgationem* (Tiermist und Menschenkot) *ante domum suam ponat, nisi statim educere velit*, wozu verschiedene Orte angewiesen wurden, im 15. Jahrhundert scheint es nur noch in den Vorstädten, wo Gärtner und Ackerbauer wohnten, Sitte gewesen zu sein, den Düngerhaufen auf die Straße zu setzen; ob ein im Jahre 1566 erlassenes Verbot dem Unwesen ein Ende machte, ist zweifelhaft.“

Düngerhaufen vor den Häusern finden sich in den Dörfern auch jetzt noch vielfach, vielleicht auch noch in manchen kleineren Landstädtchen; direkt über den Flüssen mündende Abtritte waren noch bis vor wenig Jahren in Braunschweig und Wolfenbüttel zu sehen und noch in diesem Jahre in Salzwedel über der vorbeifließenden Jeetze.

Sehr interessante Mitteilungen über die Entfernung der Exkremente aus menschlichen Wohnungen in der Renaissancezeit in Deutschland verdanken wir Dr. Ehrle⁷. Meistens waren die Abtritte angebracht „nach hinten an der kühlen Nordseite von Holderbüschen umgeben in einem abgesonderten, bloß durch einen Gang mit dem Hauptgebäude verbundenen turmartigen Anbau“. Durch einen Holzschlauch wurden die Exkremente nach unten in einen in den Boden eingegrabenen, ursprünglich wasserdichten hölzernen Sammelbehälter geführt, der dann von Zeit zu Zeit durch Abfuhr seines Inhalts entleert wurde. Dadurch, daß diese Behälter mit der Zeit verfaulten, gelangte der Inhalt in den umgebenden Boden und gab zu der schlimmsten Verunreinigung des Städteuntergrundes Veranlassung. Man kannte aber auch schon das Abschwemmen der Exkremente. Es bestand in einzelnen hierfür geeigneten Städten die Vorschrift:

„Alle heimlichen Gemächer in Gebäuden, da sie nöthig seyn, sollen abseits seyn und oben Luftlöcher, unten aber durchspühendes Wasser haben.“

Zur Ableitung des Unrates ganzer Quartiere dienten „besondere gewölbte Gänge von 7 bis 8 Fuß Höhe, damit sie ein Mann aufgerichtet ausbessern und räumen könne; ihre Breite hingegen ist der halben Höhe gleich. Zum Ueberfluß kann man außerdem beständig fließendes Wasser, zuweilen das Regenwasser zum Ausspülen noch durchführen. Die Gewölbe haben einen Etwas abhängenden Ausgang in ein nahe vorbeystießend größeres Gewässer. Weil aber nicht überall die Gelegenheit und Unkosten darzu vorhanden, so müssen oft nur schlecht Gruben zur Sammlung des Unraths gemacht werden. Wie wohl die Ausspülung allzu kostbar erscheint, ist sie doch dessentwillen dem Andern weit vorzuziehen, weil die Luft durch den abscheulichen Gestank nicht so inficirt wird, als wie an den Orten geschieht, wo der Koth zu gewisser Zeit mit unerträglichem Gestank und entsetzlichem Spektakel durch die Gassen ausgeführt werden muß, zu geschweige, daß jenes in den Häusern selbst allen üblen Geruch zu jeder Zeit verhindert“.

Man sieht, wie schon vor mehreren hundert Jahren die Vorteile des Schwemmsystems den Senkgruben gegenüber in Deutschland richtig erkannt wurden.

Die erste, soweit bis jetzt bekannte Rieselfeldanlage mit Schwemmkanalisation hat, wie auf der Hygienischen Ausstellung in Berlin im Jahre 1883 allgemein bekannt wurde, die deutsche Stadt Bunzlau gehabt.

Nach den Angaben des dortigen Stadtbaurats Doerich⁸ wurde in Bunzlau der Bau der Kanäle 1531 begonnen und das 15 Hektar große Rieselfeld 1559 angelegt. Durch Erlaß des Magistrates von 1748 ist die Entnahme des Rieselwassers für die Besitzer der Parzellen des Rieselfeldes, das auf Graswuchs und Obstbaumzucht eingerichtet ist, genau für jeden Wochentag und jede Tageszeit geordnet. Obgleich das Rieselfeld nicht drainirt ist und jetzt 48 Proz. der Stadt an die Kanalisation Anschluß haben, wurden Versumpfungen bis jetzt nicht beobachtet. Im übrigen Theile der Stadt besteht das Senkgrubensystem.

In Deutschland waren die Senkgruben größtenteils als Versitzgruben gebaut.

Allgemein wurde das Regenwasser und ein großer Teil der Hauswässer durch offene Rinnsteine abgeleitet, so in Breslau, Braunschweig, Danzig, München, Berlin.

Bis 1876 herrschten auch in der Hauptstadt Deutschlands auf dem Gebiete der Städtereinigung keineswegs musterhafte Zustände, obgleich die Behörden seit 1816 bemüht waren, die Uebelstände abzustellen. Eine reichlichere Spülung der Rinnsteine wurde nicht durchgeführt, weil die Wasserleitung den dringendsten Bedarf nur notdürftig deckte. Der reichlichere Wasserverbrauch im Hause führte aber zu einer stärkeren Verdünnung der in den Senkgruben angehäuften Exkremente und zum Austritt des Schmutzwassers in den umliegenden Untergrund. Die Wasserklosetts wurden nach und nach eingerichtet und der Inhalt derselben den unterirdischen Kanälen, ja sogar in einigen Stadtteilen den offenen Rinnsteinen und mittelst beider der Spree übergeben³³.

Schauerliche antihygienische Verhältnisse wurden hierdurch hervorgerufen.

Aehnlich lagen die Verhältnisse in anderen europäischen Staaten.

Ueber Oesterreich, speziell Böhmen, giebt uns Kaftan⁹ nähere Nachrichten.

In Prag bestanden im 12. Jahrhundert schon Hunderte von Latrinen, aber wenig Senkgruben.

1340 wurde der erste Anfang zu einer systematischen Reinigung gemacht, indem man seitens der Stadt mit einem Privatunternehmer einen Vertrag zur regelmäßigen Entfernung des Unrates aus der Stadt abschloß.

Abzugsgräben und Abzugskanäle waren auch zu der Zeit schon vorhanden. Im Register der Handwerker und der gewöhnlichen Arbeiter der Stadt Prag vom Jahre 1348—1419 finden wir nach Tomek, Dejepis, II, S. 389 unter anderem auch Kanalaräumer (*purgantes cloacas* oder *rex foeni* genannt) angeführt.

Nachdem die Pest 1585 auch ihren Einzug in Böhmen gehalten hatte, wurden strenge Verordnungen zur Reinhaltung der Städte erlassen, z. B. eine Kaiserl. Verordnung vom 23. Nov. 1585, wo es unter anderem in Artikel III lautet: „Nachdem verschiedene Unreinlichkeiten, Koth, Dünger, Unrath aus den Häusern auf dem Gassengrund abgelagert, ebenso stinkende Wasser sowohl innerhalb, als auch vor dem Hause angesammelt werden; nichtsdestoweniger auch Blut aus den Schlacht- und Fleischerhäusern auf die Gasse gelangt, ebenso das Ausschmelzen des Talges und stinkender Fette gesundheitsschädliche Dünste erzeugt, nachdem ferner die in der Stadt herumlaufenden Schweine den Koth in den Abzugsgräben umwühlen und hierdurch Gestank verbreiten, so wird hiermit Allen streng befohlen, solchen Unrath sowohl aus dem Hause als auch von der Straße zu entfernen und außerhalb der Stadt zu führen. Den Viehhändlern wird unter Einem aufgetragen, das Borstenvieh bei Strafe sofortiger Wegnahme zu Hause einzusperren u. s. w.“

Weitere Vorschriften wurden 1589 erlassen. „Der Kuhmist sollte täglich aus dem Hause zum Flußufer geschafft, ferner sollte der Platz vor dem Hause bis zum Rinnstein zweimal in der Woche gekehrt und die Kothaufen durch arme Arbeiter ebendorthin gebracht werden. Größere Kotmassen wurden durch Gemeindefuhren abgeführt.“

Die Jesuiten bauten in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts in Prag für das „Clementinum“ einen gewölbten Kanal, der sämtliche Abwässer, Exkremente u. s. w. mit Wasserspülung in die Moldau führte.

In Italien verfielen die großartigen hygienischen Anlagen der alten Römer immer mehr. Erst im späteren Mittelalter finden wir namentlich in Süditalien bessere Einrichtungen für Städtereinigung wieder.

Nach Uffelmann¹⁰ erließ Friedrich II. 1224 ein Medizinalgesetz für Neapel und Sicilien. Ungefähr aus dieser Zeit ist uns ein sanitätspolizeiliches Statut für die Stadt Beneventum erhalten, in welchem Bestimmungen über Straßenreinigung, Wegschaffung von Dünger und Unrat, Anlage von Latrinen für die Exkremente u. s. w. erlassen wurden. 1300 erließ Carl II. Bestimmungen für Pflasterung der Straßen und Reinigung der Rinnsteine, 1312 bestimmte Robert von Neapel Aehnliches für die Stadt Aquila.

In den vierziger Jahren des 14. Jahrhunderts wurde nach Uffelman ein Statut für Gaeta erlassen, in dem die Reinhaltung der Straßen und Wasserläufe angeordnet wurde.

Wichtige Neuerungen auf dem Gebiete der Städtereinigung sind nach erfolgter politischer Einigung Italiens, namentlich seit Erlass des Gesetzes „sur la tutelle de l'hygiène et de la santé publique“ vom 22. Dezember 1888 zu verzeichnen. Bedeutsame Fortschritte hat seitdem die Kanalisation Roms und Neapels ³² gemacht.

In Frankreich wandte man der Städtereinigung schon seit vielen Jahrhunderten eine besondere Aufmerksamkeit zu.

In Paris wurde bereits 1270 durch Königl. Verordnung die Reinhaltung der Straßen angeordnet. Der Unrat mußte in verschlossenen Karren aus der Stadt geschafft und hier an bestimmten Stellen deponiert werden. 1533 wurde nach Liger für jedes Haus der Stadt Paris die Herstellung einer Senkgrube angeordnet, und die Entleerung derselben nach außerhalb der Stadt gelegenen Depots durch bestimmte Arbeiter (gadourds) gegen festgestellte Taxen in der Regel nur in der Nachtzeit bestimmt.

Eine Ordonnance vom Jahre 1608 verbot die Entleerung der flüssigen Dejekte und der Schmutzwässer in die Gassenkanäle. Durch einen Erlass vom Jahre 1664 wurde die Ventilation der Gruben durch ein über das Dach hinausgeführtes Dunstrohr angeordnet. Desgodets warnt in seinen „Lois du bâtiment“ davor, die Senkgruben noch im Bereiche des Grundwassers anzulegen, da durch das Steigen und Fallen desselben die Brunnen Stoffe aus den Senkgruben aufnehmen könnten. Hydraulischer Mörtel, Lehm zur Isolierung der Mauern wurde angewandt, um die Gruben undurchlässig zu machen.

Am Ende des 18. Jahrhunderts beauftragte die französische Regierung Lavoisier, Pilâtre de Rosier, Bosc und Brisé mit Untersuchungen über die Natur der Stinkgase und über Mittel, dieselben zu zerstören. Als Mittel zur Desodoration bzw. Desinfektion wurden Kalk, Essigsäure und Salzsäure vorgeschlagen, außerdem angeraten, die Gruben nur unter Anwendung eines Ventilators zu räumen, der durch Pulsion frische, reine Luft in die Grube einführen und die Stinkgase aus dem Dunstrohre austreiben solle. Einzelne Unternehmer wurden mit der Räumung der Gruben beauftragt. Sämtlicher Grubeninhalt wurde nach einer großen Mistablagerungsstätte in Montfaucon vor Paris gebracht (pro Jahr nach Liger 38 000 cbm) und dort entweder direkt an die Landwirte verkauft oder zu Poudrette verarbeitet (60 cbm Fäkalien gaben 1 cbm Poudrette).

Anfang des 19. Jahrhunderts drängte der immer mehr zunehmende Wasserverbrauch in den großen Städten und die gleichzeitig damit verbundene stärkere Verdünnung der Exkremeute dazu, bei den Senkgruben auf größere Undurchlässigkeit und leichtere und gefahrlosere Räumung zu sehen. Paris, das nach Liger im Jahre 1874 noch ca. 85 000 sogen. „fosses fixes“ hatte, zeichnete sich besonders durch Fürsorge für möglichst gute Senkgruben aus. Am 24. September 1819 wurde eine Königl. Verordnung erlassen, die besondere Vorschriften gab über 1) Konstruktion, neuer Senkgruben, 2) Rekonstruktion der bestehenden Senkgruben und 3) Reparatur der Senkgruben.

Für die Räumung der Gruben wurden bestimmte Vorschriften ge-

geben, die Massen wurden entweder manuell in Tonnen umgefüllt, oder durch Maschinen ausgepumpt und dann in der Nacht nach La Villette hinausgeführt.

Durch Polizeiverordnung vom 28. Dezember 1850 wurde den Unternehmern gestattet, die desinfizierten flüssigen Stoffe in die Straßengossen oder in die öffentlichen Kanäle einzuleiten.

Durch Polizeiverordnung vom 24. Nov. 1854 wurde die Trennung der festen von den flüssigen Stoffen angeordnet und dadurch die Einführung der Diviseurs oder Separateurs, die wir später bei den Gruben- und Tonnensystemen näher kennen lernen werden, sehr befördert.

Erst in der neueren Zeit wurden, dem Beispiele Englands folgend, durchgreifende Aenderungen in der Städtereinigung durchgeführt. Namentlich der Seinepräfekt Hausmann hat sich unter Kaiser Napoleon III. durch entsprechende Anordnungen rühmlichst hervorgethan.

Durch Verordnung des Präfekten vom 2. Juli 1867 wurde befohlen, die flüssigen Dejekte, d. h. die aus den tinettes filtrantes ablaufenden Wasser direkt in die unterirdischen Kanäle einlaufen zu lassen.

Die festen Dejekte wurden weiter nach La Villette gefahren (die aus den Senkgruben [fosses fixes] bei Nacht, die aus den Tonnen [fosses mobiles] bei Tage) oder direkt an den Hafen von La Villette gebracht und von hier auf Schiffen im Canal de l'Ourq nach Bondy transportiert. In La Villette wurden die Exkremente in einem System von Kanälen und Kammern gesammelt, die flüssigen Massen oben abgepumpt und durch ein Rohr nach Bondy geführt, die festen Rückstände ausgehoben und per Schiff nach Bondy gebracht. Die in Bondy ankommenden flüssigen Dejekte wurden in Teichen gesammelt, der breiige untere Satz darin in Poudrette verwandelt, die flüssigen, oberhalb sich befindlichen Massen teils zu Ammoniak verarbeitet, größtenteils aber durch einen Kanal in die Seine gepumpt. Der Straßenkehricht wurde direkt in die unterirdischen Kanäle und in die Seine abgeschwemmt, aus der er dann durch Bagger regelmäßig mit großen Kosten wieder entfernt werden mußte, während die Exkremente größtenteils, wenn auch auf bedeutenden Umwegen, über La Villette und Bondy nach der Seine zugeleitet wurden.

In neuerer Zeit haben namentlich die Techniker in Frankreich, voran immer Durand-Clay, für Reinigung der Städte durch Schwemmkanalisation gekämpft.

Kürzlich¹¹ hat der französische Senat den Gesetzentwurf über Einführung des Schwemmkanalsystems mit Berieselung für Paris genehmigt, die Stadt wird ca. 3000 ha Rieselterrain besitzen und kann damit ca. 120 Millionen cbm Spüljauche reinigen. Nach dem Annuaire statistique de la ville de Paris pro 1886 und 1887 gab es Ende 1887 in Paris noch 64 896 Senkgruben von 20—30 cbm Inhalt, 17 974 transportable Tonnen, 33 210 filtrierende eiserne Behälter (tinettes filtrantes) und 1073 Wasserklosetts. Binnen 7 Jahren hatten sich die tinettes filtrantes um das Doppelte vermehrt.

Die großartigste Entwicklung hat die Städtereinigung in England genommen. Während Frankreich die Abfallstoffe der Stadtbewohner in möglichst unveränderter Form der Landwirtschaft erhalten wollte, suchte England hauptsächlich die rasche Entfernung der sämtlichen Dejekte mit Zuhilfenahme von Wasserspülung zu erreichen, ohne darauf Rücksicht zu nehmen, ob eventuell durch diese Verdünnung ein Minderwert für die Landwirtschaft resultiere. Ganz besonders wurde

England in diesen Bestrebungen unterstützt durch die Billigkeit der Steinkohlen und die dadurch erleichterte Beschaffung größerer Wassermengen. Wie im Mittelalter die ersten Anfänge einer Verbesserung der Städtereinigung wesentlich mit durch die großen Pestepidemien veranlaßt wurden, so waren es in diesem Jahrhundert die Choleraepidemien, zuerst die von 1831, welche Regierungen und Völker in unangenehmster Weise aufrüttelten. Nach Kast¹³ „starben in der Epidemie 1848/49 allein 60 000 Menschen an Cholera. Die öffentliche Meinung gewann dort bald die Ueberzeugung, die auch bereits auf dem Festlande geteilt wurde, daß Gang und Verbreitung gewisser epidemischer Krankheiten mit den in der Nähe menschlicher Wohnungen befindlichen Unreinlichkeiten in Verbindung stehe“.

1836 gründete England das statistische Centralamt (Registrar General). Nach wenigen Jahren wurde den Engländern mit unerbittlichen Zahlen nachgewiesen, daß in Großbritannien jährlich 160 000 Menschen durch Mangel öffentlicher Gesundheitspflege sterben mußten. 1842 ordnete die Regierung eine Untersuchung der gesundheitswidrigen Zustände des Landes an. 1848 kam die große Gesundheitsacte (Public health act) zustande. Das Centralgesundheitsamt mußte gegen Ortschaften, die in den letzten 7 Jahren 23 per mille Verstorbene hatten, offiziell vorgehen. 1865 wurde das Kloakeninhaltsverwendungsgesetz (Sewage utilization act) gegeben, wodurch der Kloakenbehörde erlaubt wird, mit Gutheißung des Parlaments Kanäle und Wasserzüge aus Flüssen abzulenken, Kloakenstoffe in jeder dienlich scheinenden Weise zu entfernen; dann wurde das Flußverunreinigungsgesetz (River pollution Act) erlassen, wonach der Inhalt öffentlicher Wasserläufe nie einen bestimmten Gehalt an organischen Stoffen übersteigen darf. Infolge der Einführung dieses Gesetzes entschlossen sich eine große Menge von Städten dazu, die Abwässer entweder durch Rieselfelder zu reinigen oder durch chemische Fällungsmethoden so zu verändern, daß die von dem gebildeten Schlamme abfließenden Wasser in die Flüsse eingeleitet werden konnten. In keinem Lande wurden so viele chemische Reinigungsmethoden erfunden und ausgeführt, wie in England.

Nur wenige Städte behielten noch Abfuhrsystem bei. Manchester hatte 1872 bei 360 000 Einwohnern und 68 000 Häusern neben 15 000 Wasserklosetts noch 50 000 Senkgruben mit Aschenklosetts. Nottingham, Stamford und Hull haben ebenfalls Aschenklosetts. Rochdale hat Kübelsystem, die Exkremente fallen in eine Salzlösung, der Kübelinhalt wird nach einer Düngfabrik abgeführt, mit Asche gemengt und dann als Dünger verkauft. In Salford besteht das Goux-System, bei Wimbeldon im Militärlager sind Erdklosetts in Gebrauch.

Die sanitären Erfolge, namentlich der Rieselung, wurden bald sichtbar, die Sterblichkeitsziffer sank, z. B. in Croydon mit 48 000 Einwohnern von 26,33 pro mille auf 18,40 pro mille, ähnlich in Rugby etc.

Diese überraschenden Resultate der Städtereinigung lenkten natürlich die Aufmerksamkeit der ganzen gebildeten Welt auf sich. Einzelne Städte in Amerika, New York (1866) an der Spitze, folgten, ebenso die Schweiz, wo namentlich Zürich und Basel vorgingen.

In Deutschland bestanden schon lange vor den englischen Reformbestrebungen Anfänge einer guten Gesundheitspflege, insbesondere einer annähernd zweckmäßigen Kanalisation. Hamburg, Altona, Stettin,

Würzburg etc. hatten z. B. seit langer Zeit gute Kanäle, aber der eigentliche belebende Hauch kam doch von England herüber.

Ein ganz besonderes Verdienst für Hebung und Verbesserung der Städtereinigung hat sich in Deutschland der Deutsche Verein für öffentliche Gesundheitspflege erworben, indem er immer wieder und wieder dies Kapitel in seinen Versammlungen auf die Tagesordnung setzte und in seiner Zeitschrift, der Vierteljahrschrift für öffentliche Gesundheitspflege, in zahlreichen Aufsätzen behandeln ließ. Wie auf so vielen Feldern der öffentlichen Gesundheitspflege war auch hierin der Altmeister der Hygiene, von Pettenkofer, bahnbrechend. Von besonderer Wichtigkeit war für die meisten Städte die Frage, ob die Exkremeute ohne weiteres mit den Flüssen abzuführen seien. Die wissenschaftlichen Forschungen der Hygiene und die Fortschritte der Technik haben uns zur Entscheidung dieser Frage die Anhaltspunkte gegeben, und sind daher, je nach dem zeitweiligen Standpunkte der Hygiene, auch mannigfache Wandlungen in den Ansichten der Forscher vorgegangen.

von Pettenkofer sprach 1867 sich¹⁴ in einem Gutachten über die Kanalisation der Stadt Basel gegen die Entfernung der Exkremeute durch Kanäle mit Spülung aus, da der Kanalinhalt möglicherweise in der 25'—30' hohen Schicht von durchlässigem Geröll, das nach unten durch eine Schicht von undurchlässigem Letten begrenzt sei, durchsickern, den Boden imprägnieren, die Brunnen infizieren, die Bodenluft und dadurch die Luft in den Häusern verderben könne.

Um auch den Verlust des Düngers beim Spülsystem zu vermeiden, sind fosses mobiles, die Kot und Urin aufnehmen, am besten zu verwenden, die natürlich gehörig ventiliert werden müssen. Andere Flüssigkeiten müssen aus den Tonnen ferngehalten werden, um später eine Poudrette-Fabrikation oder Kompostierung möglich zu machen.

G. Varrentrapp trat zuerst¹⁵ für die Abschwemmung der Exkremeute durch Kanalisation auf der 41. Vers. der Naturf. u. Aerzte zu Frankfurt a./M. auf und legte seine Ansichten dann in einer besonderen Arbeit nieder¹⁶.

Auch Virchow¹⁷ spricht 1868 für möglichst schnelle Entfernung der Abfallstoffe, das Tonnensystem sei dem Grubensystem vorzuziehen, diesem das Kanalisationssystem.

Bereits 1870 erklärt sich von Pettenkofer¹⁸ für Einleitung der Fäkalien in die Frankfurter Kanäle.

Von großem Interesse ist es, zu verfolgen, welche Wandlungen bei den Verwaltungen der großen städtischen Gemeinwesen in Deutschland die Anschauungen über die besten Methoden der Städtereinigung erfahren haben.

Es mag dieses an dem Beispiele von München gezeigt werden.

In München¹⁹ sprach sich die zum Studium der Wasserversorgung und Städtereinigung eingesetzte Kommission im Jahre 1874 und 1875 zunächst für eine Abschwemmung der Fäkalien oder für die Aufstellung beweglicher Abtrittstonnen (fosses mobiles) aus.

Es wurde dann auf Grund dieses Gutachtens die weitere Herstellung von Abortgruben (Versatzgruben) sistiert. Wo irgend möglich, sollten die flüssigen Fäkalien, wenn dieselben durch Wasserspülung gehörig verdünnt

werden könnten, durch Kanäle in die Isar geleitet werden, während die festen Fäkalien aus den Tonnen durch Abfuhr zu beseitigen seien. Von den festen Fäkalien seien Isar und Stadtbäche jedenfalls frei zu halten.

1877 erhob der Münchner Architekten- und Ingenieur-Verein Bedenken gegen die Einleitung der flüssigen Fäkalien in die Isar und riet, die Fäkalien, die festen und die flüssigen, möglichst häufig durch Abfuhr zu beseitigen. Demgegenüber sprach sich eine zum Studium der Städtereinigung nach Augsburg, Stuttgart, Heidelberg und Straßburg entsandte Kommission zu Gunsten beweglicher Tonnen von 110 l Inhalt aus, welche auf pneumatischem Wege möglichst häufig entleert werden sollten. Endlich beantragte eine neue Gemeindegemeinschaft, welche gleichfalls die Entwässerungsanlagen einer Anzahl von Städten besucht hatte, die Einführung der Schwemmkanalisation mit Berieselung.

Diesem Antrage schloß sich der durch Deputierte aus den Universitäten und Aerztekammern verstärkte Obermedizinalausschuß insoweit an, als er sich zu Gunsten der Schwemmkanalisation entschied. Dagegen nahm derselbe hauptsächlich auf v. Pettenkofer's Veranlassung von der Einrichtung von Rieselfeldern Abstand und empfahl die Einleitung der durch Wasserspülung genügend verdünnten Fäkalien, der festen und der flüssigen, in die Isar (1892).

Dies letztgenannte Projekt ist nun auch in der Ausführung begriffen.

In vielen deutschen Städten besteht noch das Gruben- oder Tonnen-system, so die Tonnen in Augsburg, Heidelberg, Emden etc., die Gruben in Stuttgart. Vielfach hat man in den Fällen, wo man keine andere Verwendung der Exkremente in der Nähe der Städte hatte, zu dem sehr kostspieligen Mittel der Poudrette-Fabrikation gegriffen.

Ueber die Städtereinigung von Magdeburg, Straßburg und Norderney siehe die Litteratur unter 20 21 22 23.

Die neueste Hilfswissenschaft der Hygiene, jetzt eine ihrer sichersten Grundlagen, die Bakteriologie, hat uns auf Grund der bahnbrechenden Untersuchungen Pasteur's und R. Koch's und der zahlreichen Arbeiten ihrer Schüler zu weiteren Fortschritten auf dem Gebiete der Städtereinigung die Wege gewiesen. Nachdem nachgewiesen ist, daß eine Reihe von Infektionskrankheiten durch bestimmte Krankheitserreger hervorgerufen werden, und das diese, wie Cholera- und Typhusbacillen, in den menschlichen Exkrementen enthalten sein können, verlangt man, daß die Abwässer der Städte vor ihrer Einmündung in die Flüsse von pathogenen Keimen nach Möglichkeit befreit werden.

Die Bakteriologie setzt uns also in den Stand, in einwandfreier Weise festzustellen, ob sich eine bestimmte Methode der Städtereinigung bewährt hat oder nicht.

Ueber die Städtereinigung in Rußland und in Schweden siehe die Litteratur 24 und 25.

In ganz eigenartiger Weise hat sich die Städtereinigung in Holland entwickelt. Nachdem schon 1862 der französische Ingenieur Aristide Dumont vorgeschlagen hatte, durch ein großes unterirdisches Röhrensystem den Klosettinhalt aus den einzelnen Häusern nach einer Centralstation hin absaugen zu lassen, trat der holländische Ingenieur-Kapitän Ch. T. Liernur in der zweiten Hälfte der 60er Jahre mit seinem pneu-

matischen Differenziersystem hervor, das jetzt fast allgemein nach ihm Liernur-System benannt, in einigen holländischen Städten ausgeführt wurde, im übrigen aber nicht viel Nachahmer gefunden hat.

Nicht nur die Reinigung der Städte von den menschlichen Exkrementen, wie wir sie bisher hauptsächlich kennen lernten, hat ihre historische Entwicklung gehabt, auch die übrigen Abfallstoffe der Städte wurden je nach dem Standpunkte der Hygiene oder der Kultur-entwicklung der Völker einer sehr verschiedenen Behandlung unterworfen.

Die festen und flüssigen Exkremente der Haustiere wurden im großen und ganzen meistens in ähnlicher Weise wie die der Menschen aus den Städten entfernt, wenn sich auch bis in die neueste Zeit selbst in Großstädten die Gewohnheit erhalten hat, dieselben ähnlich wie auf den Dörfern in besonderen Dungstätten zu sammeln und dann durch Abfuhr dem Lande als Düngemittel zuzuführen.

Die Abwässer der Küchen, Waschküchen, Badeanstalten und der gewerblichen Betriebe (Fabrikabwässer) ließ man in früheren Zeiten immer in offenen Gassen dem nächsten Wasserlaufe zufließen oder sammelte sie in den Schwindgruben in der Nähe der Wohnungen, um sie dort allmählich im Boden versickern zu lassen. Nachdem jetzt allgemein die große Gefahr zugegeben wird, welche ein derartiges Verfahren besitzt, überläßt man sie meistens der allgemeinen Kanalisation, um sie später, durch Sedimentierung oder durch Desinfektion unter Zusatz von Chemikalien, endlich durch Rieselfelder zu reinigen und in gereinigtem Zustande den Flußläufen wieder zuzuführen. Ungereinigt darf man die Abwässer nur dann den Flüssen zur Selbstreinigung zuführen, wenn die Flüsse sehr reich an Wasser sind und großes Gefälle besitzen.

Die Tierkadaver und festen Ueberreste des Schlachtviehs pflegte man im Altertum Aasgeiern und wilden Hunden zu überlassen, die durch Verzehren und Fortschleppen der Beute das Amt der Straßenreiniger übernahmen. In manchen Städten des Orients soll sich diese Sitte noch bis zum heutigen Tage erhalten haben. Mit dem Erwachen hygienischer Forderungen brachte man diese Abfälle zunächst in Abdeckereien vor den Städten unter und vergrub, nachdem das Brauchbare, nur Knochen oder Haut, entfernt war, den Rest in der Erde. Dann versuchte man die Ueberreste zur Dünger-, Leim- oder Fettfabrikation zu verwenden²⁶. Jetzt ist man vielfach dazu übergegangen, sie gänzlich in großen, besonders konstruierten Oefen durch Feuer zu zerstören.

Haus- und Straßenkehricht wurden schon im Altertum nach bestimmten Grundsätzen aus den Städten entfernt.

Bei den Römern war die Straßenreinigung geregelt, in Pompeji hat man eigene Vorrichtungen zum Besprengen der Straßen gefunden. Nach dem römischen Ackerbauschriststeller Columella („De re rustica“, 60 v. Chr.) wurde in Rom der Hauskehricht und Straßenunrat nach dem außerhalb der Stadt gelegenen sterquilinum abgeführt. Im Mittelalter blieben Hausmüll und Straßenkehricht, nachdem sie notdürftig zusammengefeßt waren, in den engen Höfen oder in Müllgruben liegen und trugen wesentlich mit zur Verstäubung und Verpestung der Städte bei. Viele Städte, die sich sonst durch gute Städtereinigungssysteme auszeichnen, haben noch jetzt die Einrichtung, daß der Müll in den Müllgruben

monatelang in der Nähe der Häuser mit allen seinen Infektionsstoffen lagert. — Ein Fortschritt ist darin zu sehen, daß man den Müll in beweglichen Behältern an den Häusern sammelt und ihn weit ab von der Stadt auf freiem Felde abladen läßt. (Siehe Litteratur ²⁷.)

Mit dem Steigen der Bodenrente in der Nähe großer Städte beginnen aber die Plätze zu mangeln, auf welchen man den Müll abladen kann. Außerdem sträuben sich Anlieger, Umwohner und Gemeinden, den Müll der Großstädte aufzunehmen.

Aus diesen Gründen wurden zuerst englische Städte ihren Müll zu verbrennen veranlaßt. Diese Einrichtung hat sich in England gut bewährt, wie die Mitteilungen von Röchling ²⁸ und von Weyl ²⁹ zeigen.

Die Bestattung der menschlichen Leichen ist vom Beginn der menschlichen Geschichte an bis heute in mannigfacher Weise vorgenommen worden. Wie Fr. Küchenmeister ³⁰ (siehe auch Wernich ³⁰) in gründlicher und von großer Sachkenntnis zeugender Weise auseinander setzt, hat man schon in den ältesten Zeiten die Bestattung in der Erde, die Mumifizierung und die Verbrennung der Leichen gekannt und ausgeübt. Ein hygienischer Fortschritt ist darin zu erkennen, daß man in neuerer Zeit die Kirchhöfe weitab von menschlichen Wohnungen und an solchen Orten anlegt, die durch ihren porösen Boden ein rasches Verwesen der Leichen ermöglichen und ein Ansteigen des Grundwassers bis zu den Särgen ausschließen. Auch die Verbrennung der Leichen ist eine hygienische Methode ³⁰.

Die Geschichte der Städtereinigung zeigt uns daher das immer mehr und mehr erkennbare Bestreben der Menschen, ihre Abfallstoffe möglichst rasch aus den Städten zu entfernen, die Krankheitserreger zu töten oder unschädlich zu machen und die für die Landwirtschaft benutzbaren organischen Bestandteile der Erde wieder zuzuführen, soweit letzteres die örtlichen Verhältnisse und die Forderungen der öffentlichen Gesundheitspflege gestatten ³¹.

Es soll nun im folgenden Abschnitte ermittelt werden, wie groß die Mengen der Abfallstoffe sind, welche den Gegenstand der Städtereinigung abgeben.

- 1) Fonssagrives, *Hygiène et assainissement des villes*, 223.
- 2) Kaufmann, *Die Quarantänestation von El Tor*.
- 3) Pietro Narducci, *Fognatura della città di Roma*, Roma 1889.
- 4) Klette, *Architekt. Abortsanlagen*, 11 Blattzeichnungen mit erläuterndem Texte, Leipzig 1881, G. Knapp.
- 5) K. Beyerlein, *Ueber Städtereinigung, Kanalisation und Tonnensystem*.
- 6) *Topographie der Stadt Straßburg*, Festschrift zur 15. Versammlung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege (1889).
- 7) Ehrle, *Deutsche Vierteljahrsschrift f. öff. Gesundheitspflege* 12. Bd. 598 (1880).
- 8) Näheres darüber siehe im Referat über Gruppe 22 der Berliner Hygiene-Ausstellung, von Bauinspektor Milczewski, *Viertelj. f. öff. Gesdtpf.* 16. Bd. 87 (1884); Adelt, *Einiges über die Gesundheitsverhältnisse der Stadt Bunzlau, welche die älteste Kanalisation verbunden mit Berieselung besitzt*, *V. f. ger. Med.* (1886) 25. Bd. 130—136 und 338—354.
- 9) J. Kaftan, *Die systematische Reinigung und Entwässerung der Städte*, Wien 1880, Lehmann und Wentzel 17 ff.
- 10) J. Uffelman, *Die öffentliche Gesundheitspflege in Italien*, *Viertelj. f. öffentl. G.* 11. Bd. 175 ff. (1879).
- 11) *Centralblatt für Bauverwaltung* (1889) 208.
- 12) *Revue d'hygiène et de la police sanitaire* (1892) 421.
- 13) H. Kast, *Reinigung und Entwässerung Freiburgs i. B.*, Freiburg i. B., Fr. Wagner, 1876.
- 14) v. Pettenkofer, *Ueber Kanalisierung der Stadt Basel mit besonderer Rücksicht auf das Bett des Birsingflusses*, *Z. f. Biol.* (1867) Heft 2 u. 3, 275.

- 15) Varrentrapp, *Monatsbl. f. med. Stat. u. d. Gesundheitspf.* (1867) Nr. 11.
- 16) G. Varrentrapp, *Ueber die Entwässerung der Städte, über Wert oder Unwert der Wasserklosette u. s. w.*, Berlin 1868, 244.
- 17) R. Virchow, *Kanalisation oder Abfuhr*, *Virchows Archiv* 45. Bd. Heft 2, 231 (1868).
- 18) v. Pettenkofer, *Beantwortung der Frage, ob nach Maßgabe der Frankfurter Lokalverhältnisse der Einführung der Abtrittsstoffe in die neuerbauten Kanäle vom sanitären Standpunkte aus Bedenken entgegenstehen*, *Z. f. Biol.* (1870).
- 19) I., II., III. und IV. Bericht über die Verhandlungen und Arbeiten der von dem Stadt-
magistrat München niedergesetzten Kommission für Wasserversorgung, Kanalisation und
Abfuhr 1876, 1877, 1878 und 1880.
- 20) *Magdeburg, Festschrift für die 57. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte*, von
Dr. Rosenthal (1884) 154.
- 21) *Bericht der Kommission zur Beratung des Entwurfs des Stadtbaurats Ott*, vom Dezember
1890, für die Entwässerung der Stadt Straßburg i. E. vom 12. Mai 1893.
- 22) Kruse, *Ein einfaches Tonnensystem mit Ventilation*, *V. f. ger. Med.* 38. Bd. 155
(1883).
- 23) Kruse, *Die Kanalisation des Seebades Norderney*, *V. f. ger. Med.* 50. Bd. 154 (1889).
- 24) J. Uffelmann, *Jahresbericht über die Fortschritte und Leistungen auf dem Gebiete der
Hygiene im Jahre 1883*, *Viertelj. f. öff. Gesd. pflg.* 16. Bd. Suppl. 84.
- 25) *Gesundheitsingenieur* (1890) Nr. 9.
- 26) s. Wehmer, *Abdeckereiwesen*, in diesem Handbuch Bd. II Abtlg. II S. 103.
- 27) G. Drouineau, *Les dépôts ruraux ou agricoles d'immondices*, *Rev. d'hygiène* (1890) 650.
- 28) H. Alfred Roehling, *Der gegenwärtige Stand der Verbrennung des Hausmülls in
englischen Städten*, *Gesundheitsingenieur* (1893) Nr. 19, 601 ff.
- 29) Th. Weyl, *Studien zur Straßsenhygiene mit besonderer Berücksichtigung der Müll-
verbrennung*, Jena 1893; siehe auch E. Richter in diesem Handb. 2. Bd. 2. Abtlg.
S. 149
- 30) Fr. Küchenmeister, *Die verschiedenen Bestattungsarten menschlicher Leichname vom
Anfang der Geschichte bis heute*, *V. f. ger. Med.* 42. Bd. 324 (1885), 43. Bd. 79
(1885), 43. Bd. 314 (1885), 44. Bd. 388 (1886), 46. Bd. 381 (1887), 49. Bd. 84
(1888); A. Wernich, *Leichenwesen einschließlich Feuerbestattung*, siehe dieses Hand-
buch, Bd. II Abtlg. II S. 1.
- 31) vergl. auch Finkelnburg, *Geschichte der Entwicklung und Organisation der öffentlichen
Gesundheitspflege in den Kulturstaaten* in Bd. I Seite 1 dieses Handbuches.
- 32) Th. Weyl, *Die Assanierung Neapels*, *D. Viertelj. f. öffentl. Gesd. pflg.* (1894) 26. Bd.
- 33) Th. Weyl, *Die Einwirkung hygienischer Werke auf die Gesundheit der Städte mit be-
sonderer Rücksicht auf Berlin*, Jena 1893; siehe auch die *Diskussion der Berliner
medizinischen Gesellschaft über vorstehendes Buch*, *Berl. klin. Wochenschr.*
(1894).

II. Art, Menge, Bestandteile und Wert der städtischen Abfallstoffe.

Die Abfallstoffe, deren Entfernung die Städtereinigung sich zur Aufgabe zu stellen hat, sind folgende:

- 1) Feste und flüssige Exkremente der Menschen.
- 2) Feste und flüssige Exkremente der Haustiere.
- 3) Abwässer der Küchen, Waschküchen und Bade-
anstalten.
- 4) Abwässer aus gewerblichen Betrieben (Fabriken,
Schlachthäusern u. s. w.).
- 5) Tierkadaver und feste Abgänge aus Fabriken,
Schlachthäusern u. s. w.
- 6) Hauskehricht.
- 7) Straßenkehricht.
- 8) Regenwasser und Schnee von den Dächern der
Häuser und der Straßen.

Außerdem würden dann noch

- 9) die menschlichen Leichen in Betracht zu ziehen sein.

Die Menge und die Zusammensetzung dieser verschiedenen städtischen Abgänge wird nach den klimatischen und Bodenverhältnissen, nach der Zusammensetzung und den Lebensgewohnheiten der Bevölkerung, nach der Beschäftigung der Bewohner einigermaßen variieren. Es ist daher nur möglich, für die oben unter 1) bis 9) genannten Größen ungefähre Durchschnittswerte anzugeben.

1. Feste und flüssige Exkremente der Menschen.

Ein Mann von 20—40 Jahren liefert täglich im Durchschnitt ¹:

	Faeces	Urin
nach Thudichum	135 g	1475 g
„ belgischen Beobachtern	165 „	1265 „
„ Paulet	175 „	1250 „
„ Ilisch	150 „	1050 „
„ Way	125 „	1500 „
„ 7 englischen Beobachtern (Durchschnitt)	—	1325 „
„ 2 französischen „	—	1375 „
„ 17 deutschen „	—	1800 „

Wolf und Lehmann² machen folgende Angaben über die Entleerungen 1 Person pro Tag in g:

	Faeces	Darin		Urin	Darin	
		Stickstoff	Phosphate		Stickstoff	Phosphate
Männer	150	1,74	3,23	1500	15,00	6,08
Frauen	45	1,02	1,08	1350	10,73	5,47
Knaben	110	1,82	1,62	570	4,72	2,16
Mädchen	25	0,57	0,37	450	3,68	1,75

Demnach würden betragen die Entleerungen für 100 000 Personen (37 610 Männer, 34 630 Frauen, 14 060 Knaben, 13 700 Mädchen) für 1 Jahr in Tonnen (à 1000 kg):

	Faeces	Darin		Urin	Darin	
		Stickstoff	Phosphate		Stickstoff	Phosphate
Männer	2059,1	23,9	44,9	20 592	205,9	83,6
Frauen	567,9	12,8	13,7	17 062	135,3	69,0
Knaben	564,5	9,35	8,3	2 925	24,6	11,1
Mädchen	125,1	2,85	1,8	2 250	18,4	8,8
Zusammen	3316,6	48,9	68,7	42 829	348,2	172,5

Nach Abendroth³ liefern 100 000 Menschen jährlich 4562 Tonnen Faeces und 22 812 Tonnen Urin.

Die festen Exkremente enthalten:

	frisch	nach 2-monatl. Fäulnis
3,75 % Asche	66 % Phosphate	112,9 Tonnen
	34 „ Natronsalze	58,2 „
1,5—5,0 „ Stickstoff		68,4—228,6 „
19,75 „ organische Stoffe		901,1 „
75 „ Wasser		3421,9 „
		4562,5 Tonnen

Die flüssigen Exkremente dagegen:

		frisch	nach 2-monatl. Fäulnis
0,599	% Phosphate	127,5 Tonnen	
1,285	„ Alkalien	293,1 „	
3,0	„ Stickstoff	684,1 „	182 „
1,856	„ organische Stoffe	423,4 „	
93,3	„ Wasser	21 284,0 „	
		22 812,4 Tonnen.	

Paltzow und Abendroth schätzen nach Varrentrapp⁴ für 100 000 Einwohner die jährliche Menge der durch Abfuhr zu entfernenden

Faeces auf	4 500 Tonnen
Urin „	25 000 „

Ziureck⁵ nimmt für 100 000 Einwohner jährlich an

Faeces	3 650 Tonnen
Urin	36 500 „

Die Menge und die Zusammensetzung der menschlichen Exkremente variiert sehr nach der Nahrung und Lebensweise des einzelnen Individuums.

Nach Berzelius⁶ enthalten die Faeces:

Wasser	75,8 Proz.
Aschebestandteile	1,3 „
Organische Stoffe	23,5 „

nach Birnbaum⁷:

Wasser	75,0 Proz.
Organische Substanzen	21,6 „
Stickstoff	0,7 „
Kali	0,35 „
Phosphorsäure	0,57 „
Asche	3,4 „

Auch die Menge und Zusammensetzung des ausgeschiedenen Harns ist sehr verschieden^{8, 9}.

Die durch das Liernur'sche System erhaltenen Exkremente haben im Durchschnitt folgende Zusammensetzung¹⁰:

Wasser	92,500 Proz.
Stickstoff	0,771 „
Phosphorsäure	0,270 „
Kali	0,144 „
Natron	0,396 „
Gesamtasche	1,624 „

Ueber die Quantität der produzierten und abgefahrenen Exkremente giebt uns Chemnitz interessante Aufschlüsse.

In Chemnitz, das am 1. Dez. 1890 138 954 Einwohner besaß, besteht nach dem 1891er Verwaltungsbericht¹¹ das Grubensystem mit pneumatischer Entleerung. Dort wurden an festen und flüssigen Exkrementen durchschnittlich pro Jahr abgefahren: 43068,9 cbm. Dies macht pro Kopf der Bevölkerung 0,309 cbm, oder auf 100 000 Menschen berechnet 30 900 cbm jährlich.

Die Hygieniker schwanken in ihren Angaben über die Menge der pro Tag entleerten Exkremente. Parkes¹² nimmt pro Tag für den einzelnen Städtebewohner durchschnittlich 75 g Faeces und 1200 g Urin, Frankland 90 g Faeces und 1200 g Urin, von Pettenkofer¹³ 90 g Faeces und 1170 g Urin an.

Man wird daher allen Berechnungen im allgemeinen die Zahlen Frankland's und von Pettenkofer's zu Grunde legen können.

Erismann¹⁴ hat berechnet, daß der Durchschnittsmensch in 1 Jahre in den festen Exkrementen 0,4—0,65 kg Stickstoff und im Harn 5—6 kg Stickstoff ausscheidet.

Keime von Mikroorganismen enthalten die flüssigen und festen Exkremente, letztere in bei weitem größerer Anzahl. Nach Sucksdorf enthielt 1 g frischer Faeces eines Menschen, der sich mit gemischter Nahrung erhalten hatte, 381 Millionen Keime von Mikroorganismen. Von besonderer Wichtigkeit sind in hygienischer Beziehung die pathogenen Bakterien, die sich in den Exkrementen vorfinden, namentlich die Typhus- und Kommabacillen.

Bei Fäulnis der Exkremente gehen Kommabacillen durch Ueberwucherung der Fäulnisbakterien sehr rasch zu Grunde. Nach Kitasato und Uffelmann¹⁵ (Uffelmann, Handbuch der Hygiene, S. 414) sollen sie sich nur 1—3 Tage darin lebend erhalten. Typhusbacillen scheinen nach einigen Autoren resistenter zu sein, Uffelmann¹⁵ konnte sie noch nach 150 Tagen lebend in den Darmentleerungen nachweisen, während sie nach Karlinski¹⁶ im Stuhlgang verhältnismäßig rasch, manchmal schon nach 48 Stunden zu Grunde gingen.

Bei Zutritt der atmosphärischen Luft zersetzen sich die Exkremente sehr schnell. In den Faeces gehen die Eiweißsubstanzen nach Uffelmann¹⁷ in Leucin, Tyrosin, sowie in Asparaginsäure, Indol, Scatol und Phenol über, die Fette werden in Glycerin und Fettsäure, die Kohlenhydrate in Milch- und Essigsäure, diese in Kohlensäure und Wasserstoff verwandelt. Ihre Reaktion, die bei frischen Exkrementen schwach sauer ist, geht allmählich in die neutrale und später in die schwach alkalische über. — Der Urin zersetzt sich ebenfalls sehr rasch, indem der Harnstoff in kohlensaures Ammoniak übergeht, einen stechenden Geruch und alkalische Reaktion annimmt. — Faeces und Urin gemischt gehen noch rascher in Zersetzung über, indem sie außer Fettsäure, Kohlensäure und Wasserstoff noch Schwefelwasserstoff, Schwefelammonium und Kohlenwasserstoff bilden.

Den theoretischen Wert der von 100 000 Personen jährlich gelieferten Exkremente berechnen Gruber und Brunner¹⁸ zu 368 400 M., Stohmann¹⁹ zu 780 000 M., Paltzow und Abendroth²⁰ zu 1 106 130 M. und Stöckhardt²¹ zu 15 000 000 M. Die von einer Person gelieferten Exkremente haben nach den verschiedenen Berechnungen also einen angeblichen Wert von 3,7—15 M., wobei 1 kg Stickstoff mit 1,6—2,0 M., 1 kg Phosphorsäure mit 0,3—0,6 M., 1 kg Kali mit 0,3—0,4 M. angerechnet sind.

Derartige Berechnungen, die häufig in der Litteratur für oder gegen irgend ein Abfuhrsystem angeführt sind, besitzen keine praktische Bedeutung, da sich der Preis der Exkremente nach dem Bedarfe für den Landwirt, nach dem jeweiligen Marktpreise und nach der Transportfähigkeit richtet und außerdem seitens der öffentlichen Gesundheitspflege oft Bedingungen an die Behandlung der Exkremente geknüpft werden müssen, die für den Landwirt sehr unbequem werden können. Wie wir später bei der Betrachtung der einzelnen Abfuhrsysteme sehen werden, richtet es sich ganz nach den örtlichen und zeitlichen Verhält-

nissen, ob überhaupt aus den menschlichen Exkrementen ein Erlös gewonnen werden kann. In sehr vielen Fällen müssen die Städte sehr froh sein, wenn sie dieselben mit geringen Geldopfern los werden.

2. Feste und flüssige Exkremente der Haustiere.

Die Menge und chemische Zusammensetzung der festen und flüssigen Exkremente der Haustiere läßt sich nach den Angaben von Heiden²² folgendermaßen annehmen.

Es liefert an Gesamt-Exkrementen im Durchschnitt in 24 Stunden:

a) 1 Pferd:

nach Boussingault		nach Hofmeister		Mittel	
feucht	getrocknet	feucht	getrocknet	feucht	getrocknet
31,16 Pfd.	7,42 Pfd.	25,07 Pfd.	5,32 Pfd.	28,11 Pfd.	6,37 Pfd.

. Darin sind enthalten in preußischen Pfd.:

	nach Boussingault	nach Hofmeister	Mittel
Kohlenstoff	2,86	2,30	2,58
Wasserstoff	0,37	0,28	0,33
Stickstoff	0,20	0,15	0,18
Sauerstoff	2,70	1,84	2,27
Asche	1,29	0,54	0,92
Wasser	23,73	19,93	21,83

b) 1 Rind:

nach Boussingault		nach Henneberg, Stohmann u. Rautenberg bei Erhaltungsfutter		bei 1000 Pfd. Lebendgewicht bei Mastfutter	
feucht	getrocknet	feucht	getrocknet	feucht	getrocknet
73,23 Pfd.	9,92 Pfd.	62,41 Pfd.	8,15 Pfd.	81,9 Pfd.	8,12 Pfd.

Darin sind enthalten in preußischen Pfd.:

	nach Boussingault	nach Henneberg, Stohmann u. Rautenberg bei Erhaltungsfutter	bei Mastfutter
Kohlenstoff	3,947	3,531	3,563
Wasserstoff	0,469	0,452	0,490
Sauerstoff	3,522	2,661	2,615
Stickstoff	0,256	0,216	0,358
Asche	1,728	1,278 *)	1,813 *)
Wasser	63,300	54,260	72,780

c) 1 Schwein von 6—8 Monaten:

nach Boussingault	
frisch	getrocknet
8,32 Pfd.	1,5 Pfd.

Darin sind enthalten in preußischen Pfd.:

Kohlenstoff	0,575
Wasserstoff	0,075
Sauerstoff	0,475
Stickstoff	0,050
Asche	0,313
Wasser	6,834

d) 1 Schaf:

nach Jürgensen, Hofmeister, Henneberg, Heiden
im Mittel

frisch	getrocknet
3,78 Pfd.	0,97 Pfd.

*) Ohne Kohlensäure.

Darin sind enthalten in g:

	nach Jürgensen	nach Henneberg etc.	nach der oben berechneten Mittelzahl
Kohlenstoff	211,1	219,60	275,5
Wasserstoff	24,2	26,70	31,6
Sauerstoff	150,2	153,80	196,0
Stickstoff	13,2	15,80	17,2
Asche	77,6	75,66	101,3
Wasser	972,0	1286,10	1268,4

e) 1 Taube nach einem belgischen Landwirte 2 kg 762 g (= ca. 5 1/2 Pfd.) jährlich.

Der Taubenmist enthält frisch 58,3 Proz. Wasser.

Die wasserfreie und sandfreie Substanz enthält:

	nach Johnston	Anderson			Hellriegel
	I.	II.	III.	IV.	V.
Organ. Substanz	84,97	82,88	77,81	81,46	85,2
Phosphate	11,05	11,46	15,50	7,75	9,8
Gyps	—	—	3,89	5,04	—
Kohlensaurer Kalk	3,29	4,98	2,81	—	—
Alkalisalze	0,69	0,68	0,49	5,75	5,3
Stickstoff	3,09	3,81	4,15	6,20	4,3

No. II enthielt 19,39 Proz. Wasser und 28,60 Proz. Sand

„ III „ 40,58 „ „ „ 27,15 „ „

„ IV „ 58,82 „ „ „ 7,00 „ „

f) 1 Huhn liefert nach einem belgischen Landwirte jährlich 5 kg 523 g (= 11,05 Pfd.). Exkremente.

g) 1 Truthahn liefert jährlich 11 kg 47 g (= 22,09 Pfd.) Exkremente.

Der Hühnermist enthält:

	nach Girardin	Karmrodt	Anderson
	I.	II.	III.
Organ. Substanz und Ammoniaksalze	59,63	74,30	59,25
Phosphate		14,40	13,79
Kohlensaurer Kalk	40,87	7,70	23,58
Schwefelsaurer Kalk			—
Alkalisalze		3,50	3,37
Stickstoff	—	5,54	1,87

h) 1 Ente liefert nach einem belgischen Landwirte jährlich 8 kg 285 g (= 16,57 Pfd.) Exkremente.

Der Entenmist enthält nach Anderson:

	frisch	wasser- und sandfrei
Wasser	46,65	—
Organ. Substanz und Ammoniaksalze	36,12	85,02
Phosphate	3,15	7,39
Kohlensaurer Kalk	3,01	7,06
Alkalisalze	0,32	0,53
Sand	10,75	—
Stickstoff	0,70	1,64
Lösliche Phosphorsäure	Spur	

i) 1 Gans liefert nach Heiden jährlich 11 kg 47 g (= 22,09 Pfd.) Exkremente.

Der Gänsemist enthält nach Anderson:

	frisch	wasser- und sandfrei
Wasser	77,08	—
Organ. Substanz und Ammoniaksalze	13,44	74,92
Phosphate	0,89	5,15
Alkalisalze	2,94	19,93
Sand	5,65	—
Stickstoff	0,55	3,19
Lösliche Phosphorsäure	0,12	0,69

Es würden hiernach in festen und flüssigen Exkrementen jährlich produzieren

1 Pferd . . .	32,85	kg Stickstoff
1 Rind . . .	46,72	„ „
1 Schwein . . .	9,12	„ „
1 Schaf . . .	5,76	„ „
1 Taube . . .	0,11	„ „
1 Huhn . . .	0,20	„ „
1 Ente . . .	0,06	„ „
1 Gans . . .	0,05	„ „

Vergleicht man hiermit die von Erismann für den Menschen gefundenen Werte, 6,025 kg Stickstoff, in festen und flüssigen Exkrementen zusammen, so würde ein Pferd über 5 mal, 1 Rind fast 8 mal, 1 Schwein ca. $1\frac{1}{2}$ mal, 1 Schaf fast ebenso viel, 1 Taube ca. $\frac{1}{53}$ mal, 1 Huhn ca. $\frac{1}{30}$ mal, 1 Ente ca. $\frac{1}{100}$ mal, 1 Gans $\frac{1}{120}$ mal so viel Stickstoff produzieren wie ein Mensch.

Außer den genannten Haustieren würden für die Verunreinigung der Städte noch in Betracht kommen die Exkremente der Hunde und Katzen, doch ist es unmöglich, irgend welche bestimmten Zahlen für die Menge und Zusammensetzung derselben anzugeben.

Wie die oben angeführten Zahlen ergeben, kommt in den größeren Städten, in denen im allgemeinen Rindvieh und Schafe wohl weniger gehalten werden, namentlich der Bestand an Pferden und Schweinen in Betracht, während das Federvieh im Vergleich zu den Menschen nur einen relativ sehr geringen Teil von Stickstoff in den Exkrementen liefert.

Soweit bekannt ist, finden sich in den Exkrementen der Haustiere die Bakterien des Milzbrandes, des Rotzes, der Tuberkulose und des Tetanus, die für den Menschen pathogen wirken können, außerdem dürfte der zur Fäulnis geneigte Stickstoffgehalt derselben immerhin bei der Städtereinigung mit in Betracht zu ziehen sein.

Wie viel für eine Großstadt die Verunreinigung durch die Haustiere ergibt, zeigt uns folgende für Braunschweig nach der Viehzählung vom 1. Dezember 1892 gemachte Aufstellung, wobei die Exkremente der Ziegen, für die ich keine Angabe finden konnte, in derselben Höhe wie bei den Schafen und die Zahlen für das Federvieh nach der Schätzung eines hiesigen bekannten Hühnerzüchters, Herrn Joh. Wilh. Dreves, angenommen sind:

Es lieferten pro Jahr in den Exkrementen

3 384 Pferde	111 164,0	kg	Stickstoff
575 Rinder	22 864,0	„	„
1 617 Schweine	14 755,1	„	„
248 Schafe und 752 Ziegen	5 765,0	„	„
c. 10 000 Tauben	1 105,0	„	„
„ 5 000 Hühner	1 021,7	„	„
„ 300 Enten	17,4	„	„
„ 21 Gänse	1,3	„	„
Summa	156 693,9	kg	Stickstoff

Dagegen würden auf die am 1. Dezember vorhandenen Menschen kommen:

für ca. 105 000 Einwohner 632 625 Kilo Stickstoff,

sodaß die Haustiere c. $\frac{1}{4}$ soviel Düngstoffe lieferten als die Menschen.

Braunschweig ist eine Stadt mit viel Industrie und wenig Landwirtschaft.

Relativ sehr viel bedeutender ist die Exkrementenproduktion der Haustiere in Vergleich zu der der Menschen in kleineren, namentlich Landwirtschaft treibenden Städten.

In Helmstedt lieferten z. B. (nach der Viehzählung vom 1. Dezember 1892) pro Jahr:

499 Pferde	16 392,15	kg Stickstoff
604 Rinder	28 218,88	" "
1580 Schweine	14 417,50	" "
1604 Schafe und 306 Ziegen	14 614,27	" "
Tauben, Hühner und Enten (ein ähnl. Verhältnis wie bei Braun- schweig gerechnet)	238,24	" "
20 Gänse	1,21	" "
Summa		73 882,25 kg Stickstoff

Dagegen würden auf die am 1. Dezember vorhandenen Menschen kommen pro Jahr:

für ca. 11 200 Einwohner 67 480 kg Stickstoff,

sodaß die Haustiere etwa $1\frac{1}{10}$ mal mehr Düngstoffe lieferten als die Menschen.

Je kleiner die Städte sind und je mehr sie sich dem Landwirtschaftsbetriebe hinneigen, um so bedeutender wird die von den Haustieren produzierte Masse an Exkrementen den menschlichen Abfällen gegenüber in Betracht kommen. Bei noch kleineren Ortschaften, z. B. den Dörfern, wird noch weit mehr Wert auf die tierischen Exkremente hinsichtlich der Reinhaltung der Ortschaften zu legen sein.

Da fast überall regelmäßige Viehzählungen stattfinden, wird es nicht schwierig sein, die Menge der produzierten tierischen Exkremente zu berechnen und bei den Plänen für eine eventuelle rationelle Reinigung der betreffenden Ortschaft mit in Anschlag zu bringen.

Der theoretische Wert der tierischen Exkremente ist nach Analogie der menschlichen Exkremente nach dem Gehalte an Stickstoff und Salzen berechnet worden. Ganz besonders hängt derselbe aber von der speziellen Art der Vermengung mit der Stallstreu der Tiere, also von der Beschaffenheit des Mistes ab. Vom Standpunkt der Hygieniker wird man immer derjenigen Streu den Vorzug geben, die eine Weiterentwicklung und Verbreitung der pathogenen Mikroorganismen möglichst verhindert und ein möglichstes Aufsaugen namentlich der flüssigen Exkremente bewirkt und eine stinkende Zersetzung fernhält, damit weder Boden noch Luft verunreinigt wird. Unter allen Umständen wird man aber den in den tierischen Exkrementen befindlichen Dungwert bei der Wahl des Abfuhrsystemes mit berücksichtigen müssen.

3. Abwässer der Küchen, Waschküchen und Badeanstalten.

Die Menge dieser sogenannten Hauswässer ist außerordentlich

verschieden je nach der Lebensweise der betreffenden Bevölkerung und der Zufuhr von Wasser. In Städten mit centraler Wasserversorgung ist dieselbe z. B. sehr viel bedeutender als in Städten mit Pumpbrunnen.

Ziureck²³ hat die Menge des jährlich von einer Stadt von 100000 Einwohner gelieferten Spülwassers auf 219000 Tonnen berechnet. Fischer²⁴ hält diese Angabe für viel zu niedrig, da in den Städten mit Wasserleitungen täglich pro Kopf etwa 100 Liter Wasser, von 100000 Menschen daher jährlich ca. 3—4 Millionen Tonnen verbraucht werden.

Da wir bei Neuanlage von Wasserleitungen jetzt durchschnittlich 150 Liter pro Tag und Kopf der Bevölkerung rechnen, so können wir wohl mit Sicherheit annehmen, daß 100—125 Liter pro Tag und Kopf wieder aus den Wohnungen fortgehen. 125 Liter hat man nach Kaftan in den englischen Städten als Wasserzufuhr und nahezu auch als abgehende Spülwassermenge berechnet (vergl. in diesem Handbuche Bd. I, Abteil. 2, Wasserversorgung).

Die Abwässer enthalten Abfälle von tierischen und pflanzlichen Lebensmitteln, Fett, Sand und Seifenwasser aus den Küchen, Seife und Fett aus den Waschküchen und Seife aus den Badstuben. Die chemische und bakterioskopische Zusammensetzung variiert ganz außerordentlich.

Brix³⁸ giebt folgende Analysen.

	100 000 Teile Flüssigkeit enthalten		
	Chlor Teile	reduzieren Kaliumper- manganat Teile	Bemerkungen.
Wasser, worin geschälte Kartoffeln gekocht wurden	1775,0	1321,8	Die für eine Familie von 13 Köpfen zu einer Mahlzeit erforderl. Wassermenge betrug 1,5 l
Wasser, worin Spinat gekocht war	789,7	999,4	Desgl. 4,3 l
Wasser, worin Zuckerbohnen gekocht waren	212,5	5754,5	„ 1,7 l
Wasser, worin Kohlrabi gekocht war	887,5	8060,0	„ 1,0 l
Wasser, worin Blumenkohl gekocht war	2485,0	1523,7	„ 2,8 l
Seifenwasser, in welchem Weißzeug gewaschen war	10,0	386,9	Kohlensaures Natron 111,3 l
Filtriertes Abwaschwasser einer geölten hölzernen Treppe	3,5	16,7	Das völlig schwarze Wasser enthielt nach Abzug des Sandes noch 50 Teile suspendierte Stoffe.

Im Waschwasser von Waschanstalten in Paris wurden nach Miquel 25—40 Millionen Keime von Mikroorganismen in 1 ccm gefunden. Pathogene Bakterien können in großer Menge in den Haus-

wässern enthalten sein, zunächst werden in dem Bade- und Waschwasser die am Körper und in der Wäsche befindlichen Keime von Infektionskrankheiten, wie Cholera, Typhus etc. mit fortgeschwemmt, außerdem geht fast immer „per fas“ oder „per nefas“ ein großer Teil des Urins, der z. B. bei Tuberkulose, Diphtheritis, Typhus und Eiterungen Krankheitserreger enthalten kann, und ein großer Teil der Kinderexkremente und der Sputa, die zahlreiche pathogene Mikroorganismen mit sich führen können, in den sogenannten Hauswässern mit fort. Die Hauswässer sind daher von der allergrößten hygienischen Bedeutung.

Wenn die Abwässer durch ihren Gehalt an stickstoffhaltigen Substanzen möglicherweise einen, wenn auch sehr geringen, theoretischen Wert haben könnten, so wird ihnen dieser wohl von niemand zugesprochen werden, im Gegenteil wird man glücklich sein, dieselben mit möglichst geringen Kosten aus den Städten entfernen zu können.

4. Abwässer aus gewerblichen Betrieben (Fabriken, Schlachthäusern etc.).

Die Beschaffenheit dieser Abwässer hängt ganz von den betreffenden Industrien ab. Wenn wir uns hier nur auf den Gehalt an organischen, fäulnisfähigen Stoffen beschränken wollen, so enthielten nach König²⁵ z. B. in 1 l das Nachspülwasser eines Schlachthauses:

Organische Stoffe (Glühverlust)	297,2 mg
Zur Oxydation erforderlicher Sauerstoff	74,4 „
Gesamtstickstoff	47,9 „

und 1380000 entwicklungsfähige Keime von Mikroorganismen in 1 ccm;
das Abgangswasser des Schlachthauses in Erfurt:

Suspendierte organische Stoffe	1101,5 mg
darin Stickstoff	87,5 „
Gelöste organische Stoffe	1320,0 „
Organisch gebundener Stickstoff	171,7 „
Zur Oxydation erforderlicher Sauerstoff	547,2 „

sogenanntes Salzwasser der Gerbereien (nach 5-tägiger 2. Maceration von 175 Häuten):

Organischer Kohlenstoff	1470,0 mg
Organischer Stickstoff	3,0 „
Ammoniak	416,0 „

Abgangswasser einer Bierbrauerei:

Suspendierte organische Stoffe	362,5 mg
darin Stickstoff	43,5 „
Gelöste organische Stoffe (Glühverlust)	345,0 „
Organischer Stickstoff	14,1 „
Zur Oxydation erforderl. Sauerstoff	172,8 „

Hefenwasser einer Branntweinbrennerei:

Organische Stoffe	6921,2 mg
darin Stickstoff	278,2 „
Zur Oxydation erforderlicher Sauerstoff	2560,0 „

Abgangswasser einer Weizenstärkefabrik:

Organische Stoffe	3775,0 mg
darin Stickstoff	1465,0 „

Abwasser einer Kartoffelstärkefabrik:

Organische Stoffe	1134,2 mg
darin Stickstoff	140,67 "
Ammoniak	37,4 "

Abgangswasser von Strohpapierfabriken (Mittel aus 4 Analysen):

Suspendierte organische Substanz	146,0 mg
Gelöste organische Stoffe	2267,2 "
Organischer Stickstoff	79,3 "

Abgangswasser aus Oelpreßfabriken:

Suspendierte organische Stoffe	540,9 mg
Gelöster organischer Kohlenstoff	77,97 "
Ammoniak	195,45 "
Gesamtstickstoff	238,9 "

Abgänge aus Leimsiedereien:

Suspendierte organische Stoffe	306,0 mg
darin Stickstoff	22,5 "
Gelöste organische Stoffe (Glühverlust)	2303,3 "
Organischer und Ammoniakstickstoff	73,1 "
Zur Oxydation erforderlicher Sauerstoff	281,6 "

Abwasser einer Wollgarnspinnerei.

Suspendierte organische Stoffe . . .	640,0 mg
Gelöste organische Stoffe (Glühverlust)	776,0 "
Zur Oxydation erforderlicher Sauerstoff	295,0 "
Gesamtstickstoff	45,0 "

Abgangswasser aus Färbereien.

Organische Stoffe	1345,5 mg
Stickstoff in organischer Verbindung .	20,5 "

Die Anzahl der Mikroorganismen, die sich in den industriellen Abwässern befinden, ist recht erheblich. So fand ich am 15. November 1890 pro 1 ccm in den gereinigten Abwässern der

Zuckerfabrik Dettum	47 250 Keime
" Wendessen	524 380 "
" Schöppenstedt (neue Fabrik) . . .	544 050 "
Horney'schen Branntweinbrennerei in Schöppenstedt	215 750 "
Aktienbrennerei in Schöppenstedt	136 080 "
Molkerei in Schöppenstedt	544 050 "

Dettum hatte Reinigung durch Rieselwiesen, die übrigen Zuckerfabriken chemische Reinigung.

Wenn wir von den Zuckerfabriken, die ein an organischen Stoffen außerordentlich reiches Abwasser abführen, ganz absehen wollen, da sie meistens auf dem flachen Lande liegen, so ergibt sich schon aus der obigen Zusammenstellung, welche ungeheuren Mengen organischer, faulnisfähiger Substanzen und Keime von Mikroorganismen die Industrie in ihren Abwässern den Flüssen in den Städten zuführt. Dazu kommen dann noch besonders in Betracht die pathogenen Mikroorganismen, welche die Abwässer der Schlachthäuser und derjenigen Industrien, die Lumpen, Felle, Haare oder tierische Abfälle verarbeiten, enthalten.

Der theoretische Wert der gewerblichen Abwässer würde sich nach dem Gehalte an Stickstoff und Salzen bestimmen lassen; er kommt

aber in Wahrheit für Städte kaum in Betracht, da eine Ausnutzung der in ihnen enthaltenen Stoffe hauptsächlich durch Berieselung stattfindet und diese für jedes einzelne Fabriketablissement einer Stadt sehr schwer durchführbar sein würde. Anders stellt sich die Frage auf dem flachen Lande, wo z. B. die Zuckerfabriken durch Auflassen ihrer Abwässer auf Rieselwiesen sehr beträchtliche Einnahmen in den Grasernten gemacht haben. In denjenigen Städten, welche Schwemmkanalisation mit Berieselung besitzen, kommen die gewerblichen Abwässer bei der Düngung der Rieselfelder mit zur Geltung.

Ueber diesen Gegenstand ist die Abteilung Flußverunreinigung in diesem Band zu vergleichen.

5. Tierkadaver und feste Abgänge aus Fabriken, Schlachthäusern u. s. w.

Die festen Abgänge aus Fabriken werden häufig mit dem Haus- und Straßenkehricht zusammen entfernt. Schätzungen der Menge von Fabrikabfällen sind nur auf Grund lokaler Erhebungen zu geben. Sie richten sich nach der Art der Gewerbebetriebe. Es wäre aus diesem Grunde unmöglich, hier Durchschnittswerte anführen zu wollen (siehe übrigens ²⁶).

Die Tierkadaver und festen Abgänge aus den Schlachthäusern werden entweder in besonderen Einrichtungen in diesen selbst unschädlich gemacht oder nach den Abdeckereien geschafft.

Ausführlicheres über die Abdeckereien ist bei Wehmer, Abdeckereiwesen, in Bd. II, zweite Abteilung, S. 103 dieses Handbuches zu finden.

6. Hauskehricht.

Der Hauskehricht oder sogen. Müll besteht aus den festen Küchenabfällen, aus dem zusammengefügten Staube der Zimmer und Korridore, zerbrochenem Geschirr, Papierschnitzeln, Ueberresten der Heizung etc. Derselbe ist sehr reich an pathogenen Mikroorganismen und zur Zersetzung und Fäulnis sehr geneigt.

Die Mengen desselben werden von E. Richter (s. diesen Band 2. Abteilung, S. 201, im Kapitel Straßenhygiene) auf etwa 0,75 l oder und 0,5 kg pro Kopf und Tag geschätzt.

7. Straßsenkehricht.

Der Straßsenkehricht besteht aus den Straßsenabfällen, d. h. den Abnutzungsprodukten der Straßsenpflasterung und den durch den menschlichen Verkehr auf die Straße gelangenden Abfällen, den Abfallstoffen der Zugtiere, den Ueberbleibseln von der Kehrichtabfuhr aus den einzelnen Häusern sowie den Schnee- und Eismassen. Die Menge des Straßsenkehrichts schätzt Th. Weyl ²⁷ für englische und deutsche Großstädte auf 180—230 kg pro Kopf und Jahr, E. Richter (siehe das Kapitel Straßenhygiene in diesem Bande, 2. Abteilung, S. 224) auf 0,09—0,20 cbm.

Was die chemische Zusammensetzung des Straßsenkehrichts an-

betrifft, so giebt du Mesnil²⁸ eine Analyse des Straßenkehrichts in Brüssel. Derselbe enthielt:

22,878 Proz. organische Substanz, darunter:	0,392 Proz. Stickstoff
3.17 Proz. Kalk	2,328 Proz. Eisen
0,744 „ Magnesia	0,602 „ Phosphorsäure
0,309 „ Kali	0,815 „ Schwefelsäure
0,334 „ Natron	0,053 „ Chlor
64,081 Proz. unlösliche Substanz, wie Argilla, Kieselsäure u. s. w.	

Dr. G. Drouineau²⁹ unterscheidet bei dem Straßenkehricht zwei Formen und giebt mit besonderer Berücksichtigung der eventuellen landwirtschaftlichen Verwertung folgende Zusammensetzung derselben an:

1) Der grüne Straßenkehricht (la gadoue verte), bestehend aus den frischen Straßen- und Hausabfällen, enthält nach Muntz und Girard:

Wasser	30,30
Trockensubstanz, organische .	18,09
„ mineralische	51,61

Für die Landwirtschaft sind von Bedeutung

Stickstoff	0,43
Phosphorsäure	0,52
Kali	0,56
Kalk	3,26

2) Der schwarze Straßenkehricht (la gadoue noire), der nach einigen Wochen in den Depots schwärzlich gewordene Müll, enthält nach Muntz und Girard:

Wasser	49,30
Trockensubstanz, organische .	14,30
„ mineralische	36,40

Für die Landwirtschaft sind von Bedeutung

Stickstoff	0,40
Phosphorsäure	0,47
Kali	0,30
Kalk	3,03

Beide enthalten also für die Landwirtschaft sehr verwertbare Stoffe.

Weitere chemische Analysen giebt Weyl³⁰ in seinem der Stadt Berlin erstatteten sehr inhaltsreichen Reiseberichte „Studien zur Straßenhygiene“.

Sehr genaue Untersuchungen in chemischer und bakteriologischer Beziehung stellten Uffelmann³¹ und Manfredi³² an; sie kamen zu folgenden Resultaten, die namentlich auf Arbeiten in München, Neapel und Rostock beruhen.

Die Anzahl der Mikroorganismen, die in dem Straßenschmutze leben, ist eine außerordentlich große, was namentlich daraus erhellt, wenn man dieselben mit anderen Unratssubstanzen, wie frischem Menschenkot und Kanaljauche, vergleicht. Manfredi fand in Neapel:

	Keime in 1 g frischem Straßenschmutz	Keime in 1 g frischem Menschenkot	Keime in 1 cem Kanaljauche
Maximum	6 668 000 000	2 300 000 000	38 000 000
Minimum	910 000	25 000 000	10 500
Medium	716 521 000	381 000 000	544 525

Andere Städte sind offenbar nicht so schmutzig, so fand Manfredi in 1 g frischem Straßenschmutz

in München am Frauenplatz	8/7. 1889	8 000 Keime,
„ „ in der Sonnenstraße	„ „	1 012 000 „
„ „ „ „ Schwanthalerstraße	9/7. „	186 000 „
„ „ „ „ Theatinerstraße	„ „	12 840 600 „
„ „ „ „ Herzog-Wilhelmstr.	10/7. „	1 183 000 „

Uffelmann fand in Rostock in 1 g Straßenschmutz 2—40 Millionen Keime.

Als normale Zahl sieht Manfredi $\frac{1}{2}$ —10 Millionen in 1 g Straßenschmutz an bei richtiger Straßenhygiene.

Die Bakterien sind offenbar zum Teil gegen Trockenheit und Erwärmen sehr widerstandsfähig; es wurden gefunden in 1 ccm Straßenschmutz lebensfähige Keime

	nach anhaltender trockener Witterung	nach 1-stündigem Erwärmen auf eine Temperatur von 80° C.
Maximum	160 000 000	4 500 000
Minimum	910 000	750
Medium	57 555 143	190 000

In chemischer Beziehung zeigt sich, daß der Straßenschmutz außerordentlich reich an zersetzungsfähigen Substanzen war.

In 100 g trockener Substanz wurden gefunden in g:

	Neapel	Rostock	Leipzig	Brüssel	Paris
Organische Substanzen . .	29,00	29,80	7,93	22,80	25,90
Stickstoff (nach Kjeldahl bestimmt)	0,68	0,42	0,45	0,39	0,60

Meistens reagiert der Straßenschmutz neutral oder leicht alkalisch, selten leicht sauer, er ist daher als ein guter Nährboden für die meisten Bakterien anzusehen.

Durch Impfversuche gelang es, eine Anzahl pathogener Bakterien im Straßenschmutz zu finden und zwar

6 mal	Staphylococcus pyogenes aureus,
1 „	Streptococcus pyogenes,
4 „	Bacillus des malignen Oedems,
2 „	Bacillus des Tetanus,
3 „	den Tuberkelbacillus.

Lebensfähig können sich im Straßenschmutz eine ganze Reihe anderer pathogener Mikroorganismen halten, wie die der Cholera, des Typhus, des Milzbrandes und der Tuberkulose.

Durch Verstäubung können diese pathogenen Mikroorganismen eingeatmet, auf dem Boden spielender Kinder durch Hand und Mund in den Körper kommen, durch schlechtes Straßenpflaster in den Boden, dadurch in das Wasser und die Brunnen gelangen.

Neuerdings hat Marpmann³³ meistens in dem Leipziger Straßentaube Ueberreste von Tuberkelbacillen gefunden und dadurch, daß es

ihm gelang, daraus Reinkulturen von Tuberkelbacillen zu züchten, nachgewiesen, daß eine Infektion mit Tuberkulose durch Einatmen von Straßenstaub entstehen kann.

Gutes Pflaster, Kehrung der Straßen im feuchten Zustande, späteres Verbrennen des abgefahrenen Straßenschmutzes schützt am besten vor solchen Gefahren.

Wie aus den angeführten Analysen ersichtlich, besitzt der Haus- und Straßenkehricht einen gewissen theoretischen Wert.

Paltzow und Abendroth berechnen denselben für eine Stadt von 100 000 Einwohnern jährlich folgendermaßen:

Straßen- und Schleusenkot	4 500 Tonnen	=	49 827 M.
Sand, Schlacken, Scherben	9 062 „	=	—
Asche	14 000 „	=	901 110 „
Küchen-, Gewerbs- und Straßensabfälle	12 994 „	=	712 611 „
<hr/>			
Summa	40 556 Tonnen	=	1 663 548 M.

Es ist selbstverständlich, daß eine derartige Berechnung keinerlei praktische Bedeutung hat, da noch viel mehr als bei den menschlichen Exkrementen Angebot und Nachfrage und Transportfähigkeit die Preise bestimmen. Während früher manche Stadt vielleicht eine Einnahme aus dem Haus- und Straßenmüll hatte, muß sie jetzt große Summen zuzahlen, um denselben los zu werden. Weyl³⁴ berichtet z. B., daß Battersea, ein Distrikt von London von 150 000 Einwohnern, 1867 eine Einnahme von 3000 M. aus dem Müll hatte, während es 1888 für die Fortschaffung 80 900 M. zahlen mußte.

8. Das Straßenwasser und der Schnee von den Dächern der Häuser und der Straßen.

Die Quantität der feuchten Niederschläge schwankt nach der Oertlichkeit, je nachdem wir es mit einer regenarmen oder regenreichen Gegend zu thun haben. Die Niederschläge enthalten den Luftstaub und die von den Dächern, Höfen und Straßen mitgeschwemmten Schmutzstoffe, bestehend aus gelösten und ungelösten organischen und unorganischen Stoffen, wie Kohlenteilchen, Eisen- und Steinsplitterchen, Pollenkörnchen, Holzzellen, Algen, Schimmel-, Sproß- und Spaltpilze (nach Uffelmann, Handbuch der Hygiene, S. 71).

Nach J. König³⁵ hat das reine Regenwasser nach 73 Analysen Frankland's, Denison's und Morton's pro Liter im Mittel:

Gesamtrückstand	39,5 mg
Chlor	6,3 „
Ammoniak	0,5 „
Stickstoff in Nitraten und Nitriten	0,07 „
Organischen Kohlenstoff	0,99 „
Organischen Stickstoff	0,22 „

Da das Regenwasser den Straßenschmutz zum Teil mit wegpült, so sind alle in demselben enthaltenen pathogenen Mikroorganismen auch in dem Regenwasser, das von der Oberfläche der Straßen abfließt, mit enthalten.

In dem Pariser Straßenwasser wurden nach Durand-Clay in 1 cem 127 000 Keime von Mikroorganismen gefunden.

Als Anhang würden wir noch zu betrachten haben

9. Die menschlichen Leichen.

Nehmen wir nach Rubner³⁶ bei einer mittleren Sterblichkeit von 24 pro mille ein mittleres Gewicht der Leichen von 40 kg mit 32,5 Proz. organischer Substanzen, so liefert eine Stadt von 100 000 Menschen jährlich in den Leichen 31 200 kg organischer Substanz, das ist, wenn man die gesamten in einer Stadt von 100 000 Menschen produzierten Auswurfstoffe zu 2 835 300 kg fäulnisfähiger Substanz annimmt, kaum 1 Prozent derselben.

Die menschlichen Leichen sind aber trotz dieser relativ geringen Menge an organischen Substanzen in hygienischer Beziehung von großer Bedeutung, da sie die Krankheitsstoffe und besonders die Erreger der Infektionskrankheiten in sich tragen können.

Es ist deshalb sehr berechtigt, eine hygienische Anordnung und Pflege der Friedhöfe weitab von menschlichen Wohnstätten zu verlangen oder eine Zerstörung der menschlichen Leichen durch Feuer vorzunehmen.

Vergleiche über das Leichenwesen die Monographie von Wernich in Bd. II, Abt. II, S. 1 dieses Handbuchs.

10. Gesamtmenge der Abfälle einer Stadt.

Berechnet man die Gesamtsumme aller aus den Städten zu entfernenden Abfallstoffe auf Grund der vorstehend (S. 15—29) angeführten Daten, so beträgt dieselbe für eine Stadt von ca. 100 000 Einwohnern, also z. B. für Braunschweig:

1) An festen und flüssigen Exkrementen der Menschen	36,500 000 kg
2) „ festen und flüssigen Exkrementen der Haustiere	12,000 000 „
3) „ Haus- und Straßenkebricht und festen gewerbl. Abfällen	40.556 000 „
Summa	89,056 000 kg

Hiernach sind auf jeden Bewohner durchschnittlich jährlich ca. 890 kg Abfallstoffe aus der Stadt zu entfernen, abgesehen von der Menge der Abwässer aus Fabriken, Wohnhäusern u. s. w. Diese hängt ganz von dem Wasserverbrauch ab. Sie ist bei Versorgung aus einzelnen Pumpbrunnen eine geringe, bei Versorgung aus centralen Wasserleitungen zuweilen eine sehr bedeutende. In Braunschweig wurde bei Projektierung der 1894 anzulegenden Rieselfelder die Menge derselben (inkl. der mit den Wasserklosetts fortgespülten festen und flüssigen Exkremente) pro Kopf und Jahr auf 17 818 Liter berechnet. Berlin pumpte nach Weyl³⁷ im Betriebsjahr 1890/91 ungefähr 36 000 Liter Abwässer (inkl. Meteor- und Straßenreinigungswasser) pro Kopf und Jahr auf die Rieselfelder.

Brix³⁸ giebt folgende Tabelle über die durchschnittlichen Mengen der hauptsächlichsten städtischen Abfälle in festem wasserfreiem Zustande:

Abfallstoffe	Kg feste Abfallstoffe in wasserfreiem Zustande auf 1 Kopf und Jahr berechnet					Bemerkungen
	Gelöst	Sus- pen- diert	Organisch	Anor- ganisch	Insgesamt	
1. Durch die Ver- storbenen			0,3—0,4	0,5	0,8—0,9	Bei Sterblichkeit von 25—30 pro Mille
2. Menschl. Exkre- mente. Urin u. Kot			27,7	6,6	34,3	In 13—14 mal so viel Wasser
3. Kanalwasser ohne Exkremente an regenfreien Tagen	40	15 }	10 } 7,5 }	30 } 7,5 }	55	In 650—1400mal so viel Wasser
4. Hauskehricht			30	80	110	Hinzu 16—20 kg Wasser. Spez. Gew. einschließl. des Was- sergehalts 0,5—0,6.
5. Straßenkehricht			25	55	80	Hinzu 13—100 kg durchschnittl. Was- ser, je nach Witte- rung. Spec. Gewicht 0,8—1,3.
Summa von 2—5 ein- schließl.			102,2	179,1	279,3	

Vollständig kann man dem vom genannten Autor gezogenen Schlusse beipflichten: „Haus- und Straßenkehricht liefern hiernach mehr organische Abfallstoffe, als in den menschlichen Exkrementen und im Abwasser zusammen enthalten sind! Eine dringende Mahnung, der Sammlung und Beseitigung der Kehrichtstoffe eine größere Fürsorge zuzuwenden, als es im Allgemeinen bisher geschehen ist.“

- 1) G. Varrentrapp, *Entwässerung der Städte* 14.
- 2) Wolf und Lehmann, *citiert bei Varrentrapp, Ueber Entwässerung der Städte* 15.
- 3) Abendroth, *Die Guano-fabrikation in ihrer Beziehung zur Volkswirtschaft u. s. w.* 1853.
- 4) G. Varrentrapp, *Entwässerung der Städte* 17.
- 5) *Dingler's polytechnisches Journal* (1871) 201. Bd. 184.
- 6) Berzelius, *citiert bei Roth und Lex, Handbuch der Militärgesundheitspflege*, 1. Bd. 417 (1872).
- 7) Birnbaum, *citiert in Kirchbach, Handbuch für Landwirte* 1872, 440.
- 8) Lehmann, *citiert in Sommaruga, Städtereinigung* 13.
- 9) Gorup-Besanez, *Physiologische Chemie* 582.
- 10) *Dingler's polytechnisches Journal* (1874) 214. Bd. 490.
- 11) *Bericht über die Verwaltung und den Stand der Gemeindeangelegenheiten in Chemnitz für das Jahr 1891.*
- 12) Parkes, *A Manual of practical hygiene* 4. Aufl. 336.
- 13) v. Pettenkofer, *Ueber Kanalisation und Abfuhrwesen*, München 1876, 15.
- 14) Eriemann in v. Pettenkofer's und Ziemssen's *Handbuch der Hygiene, Entfernung der Abfallstoffe II*, 1 (1), 86 (1882).
- 15) *Centralbl. f. Bakt.* (1889) 5. Bd., 130.
- 16) Karlinski, *Arch. f. Hyg.* 10. Bd. 475.
- 17) J. Uffelmann, *Handbuch der Hygiene*, Wien 1890, 413.
- 18) Gruber und Brunner, *Kanalisation oder Abfuhr* 11.
- 19) Muspratt, *Technische Chemie* 2. Bd. 401.
- 20) *citiert in 4) Varrentrapp, Entwässerung der Städte* 17.
- 21) Stöckhardt, *Chemische Feldpredigten* 21 *citiert in 4) Varrentrapp, Entwässerung der Städte* 19.
- 22) E. Heiden, *Lehrbuch der Düngerlehre*, Hannover, Ph. Cohen, 1887, 2. Bd. 34 ff.
- 23) Ziureck, *Dingler's polytechnisches Journal* (1871) 201. Bd. 184.
- 24) Ferd. Fischer, *Die menschlichen Abfallstoffe*, Braunschweig, Vieweg, 1882 und *Dingler's polytechnisches Journal* (1875), 215. Bd. 379 und 216. Bd. 273.

- 25) J. König, *Die Verunreinigung der Gewässer*, Berlin, Springer, 1887, 216 ff.
- 26) Flügge, *Grundriss der Hygiene*, Leipzig, Veit & Co., 1888, 444.
- 27) Th. Weyl, *Studien zur Straßenhygiene mit besonderer Berücksichtigung der Müllverbrennung*, Jena, Fischer (1893) 77 Anm. 3.
- 28) du Mesnil, *Nettoisement de la voie publique in Annales d'hygiène publique* (1884), 305.
- 29) G. Drouineau, *Des dépôts ruraux ou agricoles d'immondices*, in *Rev. d'hyg. et d. l. pol. sanit.* (1890) 609.
- 30) Th. Weyl, *Studien zur Straßenhygiene mit besonderer Berücksichtigung der Müllverbrennung*, Jena, Fischer (1893) 9 und 57 ff.
- 31) J. Uffelmann, *Handbuch der Hygiene*, Wien und Leipzig, Urban & Schwarzenberg, 1890, 413.
- 32) L. Manfredi, *Sulla contaminazione della superficie stradale nelle grandi città dal punto di vista dell'igiene e dell'ingegneria sanitaria*, *Ricerche e studi fatti con speciale riguardo alla città di Napoli*, und L. Manfredi, *L'inquinamento del suolo in Napoli in rapporto alla pavimentazione delle strade*, in *Estratto dal Giorn. internat. delle scienze med.* Anno XIII 18.
- 33) Marpmann, *Centralbl. f. Bakteriologie und Parasitenkunde* (1893) No. 8.
- 34) siehe 30) Weyl etc., 48 und 106.
- 35) J. König, *Die menschlichen Nahrungs- und Genussmittel* 657.
- 36) M. Rubner, *Lehrbuch der Hygiene*, Leipzig und Wien, Fr. Deuticke, 1890, 393.
- 37) Th. Weyl, *Die Einwirkung hygienischer Werke auf die Gesundheit der Städte*, Jena, G. Fischer (1893) 6.
- 38) Behring, *Die Bekämpfung der Infektionskrankheiten*, *Hygienischer Teil*, Leipzig, Thieme (1894) 107.
- 39) Behring, S. 120.

III. Notwendigkeit und Nutzen der Städtereinigung.

Die Notwendigkeit der Städtereinigung ergibt sich 1) aus den Gefahren, welche die Abfallstoffe des menschlichen Haushaltes für die Gesundheit der Städtebewohner bieten, und 2) aus der Besserung der Gesundheitsverhältnisse, die viele Städte nach erfolgter Einführung großartiger Städtereinigungsmaßregeln erzielten.

Die Abfallstoffe werden für die Gesundheit schädlich durch Verunreinigung des Bodens, auf dem wir leben, der Luft, die wir einatmen und des Wassers, das wir trinken.

1. Verunreinigung des Bodens²⁹.

Der Boden ist wohl als das geeignetste Mittel, als der naturgemäße Ort zu bezeichnen, dem wir die städtischen Abfallstoffe überantworten können. Die organischen Substanzen unterliegen in denselben durch die Tätigkeit von Mikroorganismen einem Zersetzungsprozesse — bei Abschluß von Sauerstoff der Fäulnis, bei ausreichendem Zutritt von Sauerstoff der Verwesung. Bei der nötigen Menge Feuchtigkeit und passender Temperatur werden die stickstoffhaltigen organischen Substanzen im Boden bei reichlicher Zufuhr von Sauerstoff in salpetrige Säure und Salpetersäure verwandelt, sie werden nitrifiziert, und die kohlenstoffhaltigen Stoffe zu Kohlensäure oxydiert. Man hat¹ berechnet, daß bei einer Wohnungsdichtigkeit von 80 Personen auf 1 Hektar Bodenfläche vom landwirtschaftlichen Gesichtspunkte aus mehr als nötig Düngung durch die Abfallstoffe geliefert und der Boden imstande sein würde, diese Abfallstoffe zu verarbeiten, zu mineralisieren. Da aber in den Städten weit mehr Einwohner auf den Hektar kommen, bis zu 800 und darüber, ferner drei Viertel der Bodenfläche mit Häusern bebaut und nur ein sehr kleiner Teil der Städteoberfläche mit Pflanzen bedeckt ist, die

wie auf freiem Felde die organischen Düngstoffe zersetzen und für sich assimilieren, so würde notwendigerweise eine sehr starke Verunreinigung, eine Ueberdüngung des Bodens eintreten und statt der Verwesungsprozesse würden sich Fäulnisprozesse zeigen, wenn wir nicht Anstalten trafen, die Abfallstoffe künstlich aus den Städten zu entfernen.

Die hauptsächlichste Bodenverunreinigung findet durch Senk- und Schwindgruben statt. Bei größeren Kanalarbeiten und beim Ausschachten des Bodens für Neubauten in dicht-bebautem und Jahrhunderte lang bewohntem Städteterrain kann man die Bodenverunreinigung in der Nähe alter Abtrittsgruben oft schon an dem schwärzlichen Aussehen und dem üblen Geruche des Erdbodens erkennen. Nach den Untersuchungen Wolffhügel's², welche jungfräulichen Boden, ferner den Untergrund mehrerer gemauerter Abtrittsgruben und endlich den Boden in der Nähe einer Düngergrube in München betrafen, waren in 1 cbm Erde in kg enthalten:

	im kalten Wasser löslich					im kalten Wasser unlöslich	
	Gesamtmenge	Glühverlust	Organische Substanzen	Chlor	Salpetersäure	Glühverlust	Stickstoff
Normalboden aus der Nähe des physiologischen Instituts	0,211	0,052	0,118	0,010	0,012	1,504	0,014
Mittel von 6 Abtrittsgruben	0,603	0,185	1,257	0,110	0,019	5,461	0,060
Boden aus der Nähe der Düngergrube	4,710	1,500	2,230	0,330	0,460	39,772	0,956

Außerdem können die auf den Straßen liegenden Abfallstoffe und Krankheitsreger von den atmosphärischen Niederschlägen ausgelaugt werden, in den Boden versickern und hierdurch eine Verunreinigung des Untergrundes unserer Städte hervorrufen.

Der Mensch hat vielfach Gelegenheit, mit dem Boden in Berührung zu kommen. Mit unseren Schuhen tragen wir, namentlich bei feuchtem Wetter, den schmutzigen Boden aus der Umgebung unserer Häuser in die Zimmer hinein, hier trocknet er und zerstäubt. Der Straßenstaub dringt vorzugsweise an trockenen Tagen in unsere Wohnräume ein. Sowohl der von verschmutztem Boden herrührende Wohnungsstaub, wie auch der Straßenstaub wird von uns eingeatmet, oder mit dem Speichel oder mit den Speisen, auf denen er sich abgelagert hat, verschluckt. Besonders durch die Uebertragung von Krankheitserregern kann der Staub eine Schädigung der Gesundheit bewirken. Bewiesen ist dies am sichersten für die Tuberkulose.

2. Verunreinigung der Luft.

Eine Verunreinigung der städtischen Luft kann erfolgen durch die in die Wohnungen und in die äußere Atmosphäre austretende Bodenluft, durch die Emanationen der Abtrittsgruben, durch faulenden Straßenschmutz und durch Schornsteine und Fabrikanlagen.

Bodenluft.

Wenn auch die im verunreinigten Boden sich bildenden übelriechenden Gase erst eine bestimmte tiefere oder flachere Bodenschicht von unten nach oben durchdringen müssen und dadurch in Eigenschaft und Menge modifiziert werden, so ist doch die Luft in einer Stadt mit verschmutztem Untergrund meist verdorben. Wir können dies, namentlich in heißer Sommerzeit, bei Windstille und fallendem Barometer mit unseren Geruchsnerven bemerken, besonders wenn wir aus der freien Umgebung in das Innere der Stadt, in die engen Straßen und Höfe uns begeben.

Aber nicht bloß die Außenluft in den Städten, auf den Straßen, nein ganz besonders die Wohnungsluft wird durch verschmutzten Untergrund verunreinigt. Nach den Untersuchungen Pettenkofer's, Erismann's, Forster's u. a. ²⁹ wird die Bodenluft nach den mit warmer Luft angefüllten Häusern angesogen und es kann daher der Fall eintreten, daß wir im Innern der Häuser in stark verdünnten Fäulnisgasen leben.

Abtrittsgase.

Eine weitere Verunreinigung der Luft in den Häusern wird namentlich durch mangelhafte Abtrittseinrichtungen hervorgerufen. Erismann ⁴ hat für eine Abtrittsgrube von 27 cbm, die bis auf die Höhe von 2 m mit Fäkalmassen gefüllt ist, also für 18 cbm Abtrittsflüssigkeit, in 24 Stunden folgende Emanationen berechnet:

Kohlensäure	5,67 cbm
Ammoniak	2,67 „
Schwefelwasserstoff	0,02 „
Flüssige Fettsäuren u. s. w. (auf Sumpfgas berechnet)	10,43 „
<hr/>	
Summa: schädliche verunreinigende Gase	18,79 cbm

Er fand ferner, daß in 24 Stunden 262—1172 cbm Luft durch die Abtrittsröhren den verschiedenen Stockwerken zuströmten. Pettenkofer ⁵ konstatierte, daß in einem anderen Falle 518400 cbm Abtrittsgase in einem Tage in ein Haus eindrangen. Es entspricht das einer sehr bedeutenden Luftverunreinigung, die namentlich im Winter bei geheizten Wohnungen besonders stark sich bemerkbar macht.

Faulender Straßenschmutz etc.

Fernere Verunreinigungen der Luft werden hervorgerufen durch frei an der Luft auf den Straßen, Höfen, in den Flüssen u. s. w. sich vollziehende Zersetzungen der Abfallstoffe. Faulende Abfälle des Haushalts, offene Kanäle mit Abwässern, Depots für Fäkalien, Flüsse oder Bodenflächen, denen man Abfallstoffe übergeben hat, können in hohem Grade die Luft verunreinigen.

Schornsteine, industrielle Etablissements etc.

Von großer Bedeutung ist endlich für die Verunreinigung der Luft namentlich in größeren Industriestädten die Produktion von Rauch aus den Schornsteinen und die üblen, zum Teil schädlichen Gerüche, die viele Industrien, so namentlich chemische Fabriken, verbreiten.

Wenn es nun auch feststeht, daß die geschilderten Verunreinigungen der Luft nur in ganz konzentrierter Form, z. B. beim Ausräumen der

Senkgruben, direkt toxisch wirken, indem sie durch Einatmung Vergiftungserscheinungen hervorrufen, so muß man auch bei der Einatmung der durch Zersetzung der Abfallstoffe entstehenden Gase in verdünnter Form eine Schädigung unserer Gesundheit annehmen.

Von einer Infektion im wahren Sinne kann dabei keine Rede sein, da in den Jauchegasen keine Krankheitserreger enthalten sind. Dafür werden wir aber ein gewisses Ekelgefühl empfinden und unwillkürlich nur oberflächliche Atemzüge machen, wenn uns eine solche übelriechende Luft geboten wird. Dauert ein derartiger Respirationstypus längere Zeit an, z. B. bei jemand, der die engen Zimmer und die unsauberen Straßen einer Stadt selten verläßt, so werden sich Störungen der Blutverteilung, Blutbildung und Ernährung zeigen, welche eine Disposition zu Krankheiten hervorbringen. — Wir müssen daher die Forderung streng aufrecht erhalten, daß uns eins der wichtigsten Nahrungsmittel, die Luft, nicht in ekelerregender und die Atmung störender Form, sondern rein, frei von gasförmigen Verunreinigungen, geliefert wird.

3. Verunreinigung des Wassers.

Die Verunreinigung des Wassers durch Auslaugung eines Untergrundes, der mit Abfallstoffen übersättigt ist, zeigt sich in zahlreichen Analysen sogenannter Flachbrunnen aus Kulturschichten. In chemischer Beziehung hat man dabei sein Hauptaugenmerk gerichtet auf die Masse organischer Substanzen und deren chemische Zersetzungsprodukte, Ammoniak, salpetrige Säure und Salpetersäure, in bakterioskopischer Beziehung auf die Anzahl und Art der Keime von Mikroorganismen.

So zeigten z. B. im Jahre 1884 von 320 untersuchten Brunnenwässern der Stadt Braunschweig⁶ die Mehrzahl einen Gehalt an Ammoniak und an salpetriger Säure, fast alle Brunnen enthielten Salpetersäure, einer bis 640 mg im Liter, an organischen Substanzen wurden bei einem Brunnen 330 mg im Liter beobachtet. In Berlin fand A. Müller⁷ bei 65 Brunnen weniger als 0,75 mg Ammoniak im Liter, bei 33 Brunnen mehr als 0,75 mg bis zu 19 mg und bei 1 Brunnen 65 mg Ammoniak. Reich⁸ fand in Berliner Brunnen bis zu 675 mg, in Leipziger Brunnen 65—347 mg, in Stettiner Brunnen 16—267 mg Salpetersäure im Liter.

Vom 17.—22. März 1890 untersuchte R. Blasius sämtliche öffentliche 38 Flachbrunnen der Stadt Braunschweig. Nur in 10 Fällen wurden unter 300 Keime von Mikroorganismen in 1 ccm gefunden, alle übrigen enthielten mehr, 9 über 1000, der schlechteste 6615, darunter 90 die Gelatine verflüssigende.

Werden die Flüsse mit den städtischen Abfällen übersättigt, so kann die selbstreinigende Kraft derselben nicht mehr genügend wirken; dann wird auch das Flußwasser als Trinkwasser unbrauchbar. Von besonderem Einflusse auf die Reinlichkeit des Flußwassers können die Abwässer industrieller Etablissements, namentlich der Zuckerfabriken sein, wie dies aus nachfolgender Tabelle (S. 35) hervorgeht⁹, welche von Beckurts und R. Blasius entworfen wurde.

Da Braunschweig eine centrale Wasserversorgung durch filtriertes Okerwasser besitzt, war die Verunreinigung der Oker durch die Abwässer der Zuckerfabriken von der größten hygienischen Bedeutung für die Stadt.

Beschaffenheit des Wassers der Oker und ihrer Zuflüsse.

	Datum	Resultate der chemischen und der bakterioskopischen Untersuchung						Entfernung in km *)
		in 100 000 Gewichtsteilen				Anzahl der Keime von Mikro- organismen in 1 ccm	darunter haben die Gelatine ver- flüssigt	
		Ammo- niak	Salpetrige Säure	Chlor	Organische Substanz			
a) Vor der Zuckerkampagne.								
a) Bach im Kalten Thale unterhalb des Burgberges	26. Juni 1892					84	25	
b) Oker bei Vienenburg	26. Juni 1892	o	o	2,0	4,45	192	12	11,740 (a bis b)
c) Oker oberhalb Wolfenbüttels	3. Sept. 1891	o	o	3,45	2,62	1 240	70	27,855 (b „ c)
d) Oker unterhalb Wolfenbüttels	3. Sept. 1891	Spur	Spur	2,45	3,40	246 880	einige 1000	2,779 (c „ d)
e) Oker oberhalb Braunschweigs	4. Sept. 1891	o	o	3,15	3,80	4 610	170	15,076 (d „ e)
e) Oker oberhalb Braunschweigs	13. Mai 1892	o	o	3,2	5,00	2 010	450	
f) Oker unterhalb Braunschweigs	15. Mai 1892	wenig	reichlich	7,45	14,53	9 160	780	3,813 (e „ f)
g) Oker vor Einfluß in die Aller	15. Mai 1892	o	o	5,8	5,85	180	40	49,373 (f „ g)
b) Während oder kurz nach der Zuckerkampagne.								
h) Oker oberhalb Vienenburgs	5. Dez. 1891	0,05	o	1,236	12,26	3 450	180	
i) Oker unterhalb Schladens	15. Nov. 1890	0,075	o	1,846	8,374	256 680	viele 100	9,130 (h „ i)
k) Oker unterhalb des Einflusses der Al- tenau	15. Nov. 1890	1,25	o	3,1598	24,332	51 336	ca. 200	16,255 (i „ k)
l) Oker oberhalb Braunschweigs	19. Nov. 1890	0,25	o	3,184	16,3	18 414	viele	20,325 (k „ l)
m) Oker bei Oelper	1. Nov. 1891	vorhanden	o	10,05	21,80	249 320	mehrere 1000	5,663 (l „ m)
n) Oker bei Rotemühle	1. Nov. 1891	vorhanden	o	6,22	19,59	37 170	mehrere 100	16,113 (m „ n)
o) Oker bei Hillerse	26. Jan. 1892	o	o	6,59	4,365	15 390	720	11,770 (n „ o)

Städtereinigung.

Aus diesen Zahlen und vielen Hunderten anderen Analysen, die von Beckurts und R. Blasius in den letzten Jahren ausgeführt wurden, ergibt sich die verhältnismäßige Reinheit des Okerwassers in dem oberen Laufe, die dauernde Verschlechterung desselben durch die beiden Städte Wolfenbüttel und Braunschweig, die zeitweise bedeutende Verschlechterung durch die Abwässer der Zuckerfabriken, die Selbstreinigung des Flusses sowohl bis oberhalb Wolfenbüttel hin, als auch zwischen Wolfenbüttel und Braunschweig, namentlich aber von Braunschweig bis zur Mündung der Oker in die Aller,

*) Nach den Angaben des Herrn Baurat Brinkmann in Braunschweig.

Ueber die Verunreinigung der Flüsse durch städtische Abwässer liegen zahlreiche andere Untersuchungen vor. Nach den Angaben Faraday's¹⁰ war das Themsewasser bei London so verunreinigt, daß weiße Körper, die man 1855 untersinken ließ, trotz des hellsten Sonnenscheines einen Zoll unterhalb der Wasseroberfläche nicht mehr sichtbar waren. Eine zur Untersuchung der Flußverunreinigung ernannte englische Kommission führt noch schlimmere Fälle¹¹ an. Die Abwässer der Stadt Manchester gehen in den vorbeifließenden Irwell. Die Untersuchung des Flusses oberhalb und unterhalb der Stadt ergab folgende Resultate:

In 100 000 Teile waren enthalten:

	Nahe dem Ursprung	Unterhalb Manchester
Gesamtgehalt an gelösten Stoffen	7.80 Teile	50.75 Teile
Organischer Kohlenstoff	0.187 „	1.892 „
Organischer Stickstoff	0.025 „	0.264 „
Ammoniak	0.004 „	0.371 „
Stickstoff als Nitrat oder Nitrit	0.021 „	0.177 „
Chlor	1.15 „	8.73 „
Suspendierte organische Stoffe	— „	2.06 „
Suspendierte anorganische Stoffe	— „	2.10 „

Ueber den zunehmenden Gehalt an Mikroorganismen geben uns die Untersuchungen der Spree bei Berlin im Jahre 1883 durch R. Koch¹² ein lehrreiches Beispiel:

Ort der Entnahme	Keimzahl pro 1 Cbcm
Spree oberhalb Köpenik	82 000
Beim Stralauer Wasserwerk	125 000
Spree in der Stadt oberhalb der Einmündung der Panke	940 000
Unterhalb der Einmündung der Panke	1 800 000
Spree bei Charlottenburg	10 180 000

Aehnliche Resultate ergaben Untersuchungen, welche angestellt wurden über die Verunreinigung des Rheins, der Pegnitz, der Seine durch die an ihnen liegenden Städte. Ausführlicher wird über diesen Gegenstand in dem Kapitel „Flußverunreinigung“ gehandelt.

Für die Gesundheit der Menschen ist der Genuß des mit Fäulnisstoffen oder mineralischen Giften versetzten Wassers direkt schädlich. Noch gefährlicher sind aber die pathogenen Mikroorganismen, welche durch die Exkremente den Quellen und Flüssen mitgeteilt werden und später, von den Menschen genossen, Infektionskrankheiten, wie Typhus, Cholera, Ruhr übertragen können.

Viele Typhus-Epidemien, so unter anderen die von Triberg¹³ in den Jahren 1884 und 1885, Mainz¹⁴ 1884, Clermont-Ferrand¹⁵ 1886, Epinay-sous-Sénart¹⁶, Klosterneuburg¹⁷ 1886, Wackerow bei Greifswald¹⁸, Hirschfelden¹⁹ 1885 werden auf den Genuß von Trinkwasser zurückgeführt, das Typhusbacillen enthielt. Die letzte Cholera-Epidemie in Hamburg²⁰ und Nietleben²¹ ist nach R. Koch durch den Genuß von kottabacillenhaltigem Trinkwasser veranlaßt worden. Auch die Ruhr scheint sehr oft durch das Trinkwasser weiter verbreitet zu werden²².

Dies sind in kurzer Zusammenfassung die hauptsächlichsten Quellen, aus denen sich eine Verunreinigung der Städte herleitet.

Die vorstehend mitgeteilten Thatsachen sind wohl genügend, um die Notwendigkeit der Städtereinigung zu beweisen.

Es soll nun aber ferner gezeigt werden, daß eine sachgemäße Städtereinigung erfolgreich gewesen ist.

Nach Pettenkofer²³ hatte München von 1852—1859 eine Typhusmortalität von 2,42 pro mille. Die Verbesserung der Abtrittgruben und der Bau der Siele zur Entwässerung der Stadt begannen 1856—1859: von 1860—1867 wurde eine Typhusmortalität von 1,66 pro mille beobachtet. Die Arbeiten zur Reinhaltung des städtischen Untergrundes wurden unablässig fortgesetzt, dann ging die Typhusmortalität von 1880 an bis auf 0,17 pro mille herunter und war 1888 auf 0,10 pro mille der Lebendbevölkerung gesunken.

Nach Sander²⁴ kamen im städtischen Gebiete von Hamburg auf 1000 Gestorbene jährlich Typhustodesfälle für die 7 Jahre vor der Besielung (1838—1845): 48,5

für die 9 Jahre während des Fortschreitens der Besielung (1845 bis 1853): 39,5,

für die ersten 8 Jahre nach der vorläufigen Fertigstellung der Besielung (1854—1861): 29,9,

für die zweiten 8 Jahre (1862—1869): 22.

Ferner betrug 1872—1874 die Sterblichkeit an Darmtyphus auf 1000 Lebende im Durchschnitt für die völlig besielten Stadtteile 2,6; für die größtenteils besielten Stadtteile 3,2; für die nicht besielten ländlichen Distrikte 4,6.

Eine Besserung der Gesundheitsverhältnisse ist in sehr vielen Städten nach Einführung rationeller Städtereinigungssysteme beobachtet. — Nach Liévin²⁵ betrug z. B. die Sterblichkeit in Danzig in den 7 Jahren von 1863—1869 durchschnittlich 36,85 auf 1000 Lebende; nachdem 1869 und 1871 die neue Wasserleitung und die Kanalisation der Stadt eingeführt waren, sank die Gesamtsterblichkeit in den Jahren 1872—1876 auf 28,54 pro mille²⁶.

Eine ähnliche Besserung der Gesundheitsverhältnisse hat sich auch nach Buchanan²⁷ in 24 englischen Städten nach Einführung sanitärer Einrichtungen, wie Wasserversorgung und Städtereinigung, gezeigt.

Nach Durchführung der sog. „Sanitätswerke“ („sanitary works“), also der Wasserversorgung und der Maßregeln zur Reinhaltung des Untergrundes nahm z. B. der Typhus in 21 Städten um 33—75 Proz. ab, während er in 3 Städten zugenommen hatte. Die Gesamtsterblichkeit, die vorher 24,7 auf 1000 Einwohner hatte, fiel auf 21,9 pro mille.

Letzthin hat Th. Weyl²⁸ die bedeutende Besserung des Gesundheitszustandes Berlins in eingehendster Weise studiert und auf die Einwirkung hygienischer Maßregeln, speziell der Kanalisation zurückgeführt. Seit 1876 [in diesem Jahre wurde in einem Teile Berlins (Radialsystem 3) die Kanalisation eröffnet] hat, wie Tabelle 1 ergibt, die Gesamtsterblichkeit in Berlin deutlich und fast stetig abgenommen.

(Siehe Tabelle 1 S. 38.)

Noch sicherer wird die Besserung des Gesundheitszustandes der Stadt Berlin bewiesen durch Tabelle 2, welche die Sterblichkeit nach Altersklassen darstellt, und zwar aus den Jahren, in denen Volkszählungen stattfanden:

(Siehe Tabelle 2 S. 39.)

Für die Altersklassen von 0—1 und 0—5 Jahren, die ja immer das größte Kontingent der Gestorbenen stellen, tritt die Verminderung der Sterblichkeit in nachfolgender Weyl'scher Kurve I^a noch deutlicher hervor.

(Siehe Kurve I^a S. 39.)

Tabelle 1.

Gesamtsterblichkeit in Berlin in Promille der
Einwohner.

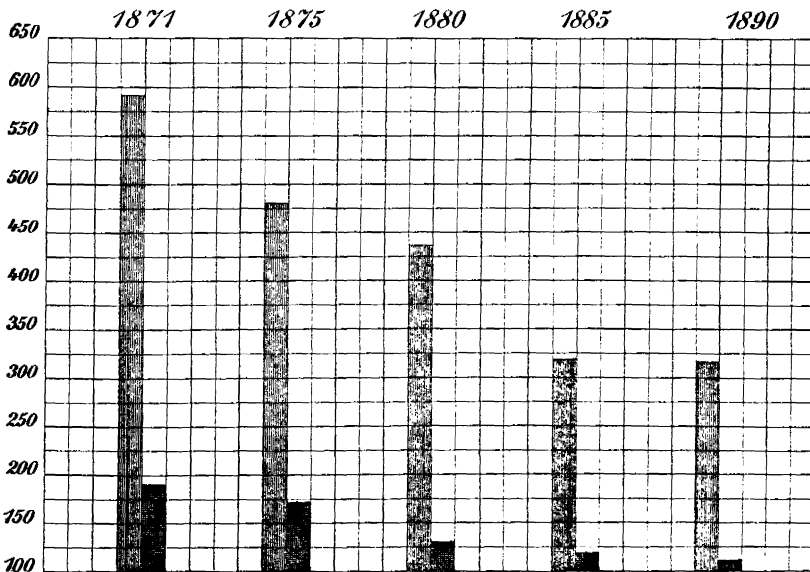
Jahr	Einwohner	Sterbefälle exkl. Tot- geborene	Sterblichkeit pro 1000 Einwohner	Bemerkungen
1854	429 390 λ	10 305 ε	25,60 ε	Cholera (wenige Fälle).
1855	432 685 λ	12 328 ε	29,99 ε	Cholera.
1856	442 040 λ	10 889 ε	26,30 ε	
1857	449 610 λ	12 664 ε	30,16 ε	Cholera (wenige Fälle).
1858	458 637 λ	11 854 ε	28,08 ε	
1859	474 790 λ	12 163 ε	27,78 ε	Cholera (wenige Fälle).
1860	493 400 λ	10 988 ε	24,34 ε	
1861	547 571 λ	14 201 ε	28,18 ε	
1862	567 560 λ	14 044 ε	26,94 ε	
1863	596 390 λ	16 473 ε	30,21 ε	
1864	633 279 λ	17 848 ε	30,99 ε	
1865	657 690 λ	20 609 ε	33,80 ε	
1866	665 710 λ	26 305 ε	41,62 ε	Cholera.
1867	702 437 λ	18 668 ε	28,96 ε	ε Mit Benutzung von Boeckh:
1868	728 590 λ	23 531 ε	34,69 ε	Bewegung der Bevölkerung, S. 37.
1869	762 450 λ	20 193 α	26,48	λ Die Berliner Volkszählung von
1870	760 000 λ	22 984 α	30,24	1875, Heft I, S. 26 f.
1871	825 937 λ	30 756 α	37,24	π α R. Boeckh, Bewegung der Be-
1872	864 300 λ	26 635 α	30,82	völkerung d. Stadt Berlin S. 39.
1873	900 620 λ	26 427 x	29,34	x ibidem S. 38.
1874	932 760 λ	27 423 x	29,39	π Pocken.
1875	966 858 λ	31 225 x	32,29	
1876	995 470 λ	29 185 x	29,32	
1877	1 010 946 ζ	29 988 x	29,66	ζ Die Anstalten d. Stadt Berlin f.
1878	1 039 447 ζ	30 629 x	29,47	d. öffentl. Gesundheitspf., Fest-
1879	1 069 782 μ	29 545 y	27,62	schrift f. d. 59. Vers. Deutscher
1880	1 122 330 δ	32 823 y	29,25	Naturf., S. 55.
1881	1 138 784 μ	31 055 y	27,27	δ Die Berliner Volkszähl. v. 1880,
1882	1 175 278 μ	30 465 y	25,92	Heft I, S. 65.
1883	1 212 327 μ	35 056 y	28,92	μ Die öffentl. Gesundheitspf. d. Stadt
1884	1 250 895 μ	32 932 y	26,33	Berlin, Festschr. f. d. X. internat.
1885	1 291 359 μ	31 483 y	24,38	med. Kongr. 1890, S. 54.
1886	1 337 171 μ	34 293 y	25,65	y Statist. Jahrb. d. Stadt Berlin,
1887	1 386 562 μ	30 333 y	21,88	Bd. 15, S. 50.
1888	1 439 618 μ	29 294 y	20,85	
1889	1 495 151 x	29 545 v	19,76	x Auskunft d. städt. statist. Amt.
1890	1 548 279 x	32 823 v	21,19	v Veröffentlicht d. statist. Bureaus d.
				Stadt Berlin pro 1889 u. 1890.

Tabelle 2²⁸.

Von 1000 Lebenden starben in Berlin:

Altersklasse	1871	1875	1880	1885	1890
0—1	589,95	481,12	444,17	321,44	321,09
0—5	188,89	174,80	139,24	117,12	107,26
5—10	12,82	13,97	12,15	9,22	6,93
10—15	4,58	4,35	3,90	3,22	2,64
15—20	7,73	5,59	5,01	3,98	3,53
20—25	9,98	7,91	6,63	5,41	4,86
25—30	12,42	9,23	8,72	7,45	6,82
30—35	17,72	11,49	10,79	10,84	7,79
35—40	20,29	13,91	12,19	12,19	10,50
40—45	26,37	15,16	14,46	13,95	12,27
45—50	26,06	19,49	16,42	16,06	14,79
50—55	38,46	23,49	21,33	19,67	18,37
55—60	44,86	27,57	27,14	26,62	25,08
60—65	55,29	41,29	38,12	36,57	34,16
65—70	67,61	55,62	52,41	49,48	47,12
70—75	94,35	85,05	70,43	72,31	72,08
75—80	13,88	} 16,00	} 14,58	} 13,16	} 13,98
80—x	22,55				

Kurve I^A.

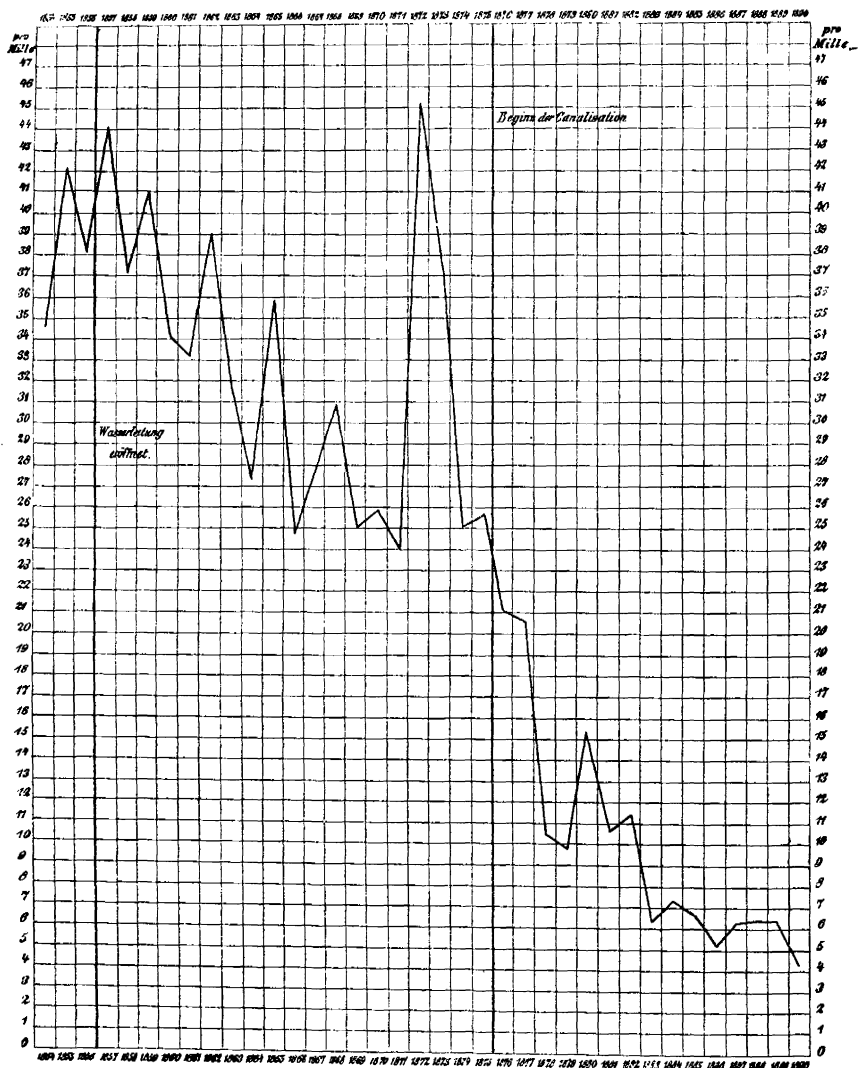


Kindersterblichkeit in Berlin.

Sterblichkeit der Altersklasse 0—1 (hell schraffiert) und der Altersklasse 0—5 (dunkel schraffiert) zu Berlin in den Volkszählungsjahren 1871, 1875, 1880, 1885, 1890 pro 1000 Lebende.

Endlich hat Weyl²⁸ eine Abnahme der Sterblichkeit 'auch für einzelne Krankheiten bewiesen. Am klarsten zeigt sich dies beim Typhus, wie untenstehende Kurve angiebt.

Typhus Sterblichkeit in Berlin 1854-1890 in Promille der Gestorbenen.



Auf 1000 Gestorbene kommen in dem Dezennium 1871—1880 23,05, im Dezennium 1881—1890 nur 7,13 Typhusfälle.

Aus dem Gesagten geht die Notwendigkeit der Städtereinigung wohl mit Evidenz hervor.

5. Schluß.

Wie aus der historischen Entwicklung der Städtereinigung (S. 1 ff.) hervorgeht, sind eine große Menge von Städtereinigungssystemen erdacht worden.

Die Wahl des Systemes muß sich zwar nach den jeweiligen örtlichen und sozialen Verhältnissen richten, unter allen Umständen aber soll dasselbe folgenden hygienischen Anforderungen entsprechen:

1) Die übelriechenden Fäulnisgase müssen aus den Straßen und Wohnungen ferngehalten werden.

2) Grund-, Quell- und Flußwasser dürfen nicht verunreinigt werden.

3) Der Wohnboden darf nicht infiziert werden.

4) Die Krankheitserreger müssen zerstört oder unschädlich gemacht werden, sodaß weder durch die Abfallstoffe der Wohnungen, noch durch Straßenstaub, Brunnen- oder Flußwasser Infektionen stattfinden können.

5) Das Reinigungssystem darf unser ästhetisches Gefühl nicht verletzen.

Außerdem ist aus allgemeinen nationalökonomischen Rücksichten zu erstreben, daß

1) die Abfallstoffe, soweit keine gesundheitlichen Interessen geschädigt werden, möglichst für die Landwirtschaft zur Verwendung kommen, und

2) die Städtereinigung bei Erfüllung aller hygienischen Anforderungen möglichst billig eingerichtet wird.

Daß die Städtereinigung, wie sie nach dem Vorbilde Englands in den Kulturstaaten Europas, aber auch in den englisch sprechenden Ländern der übrigen Weltteile sich Anerkennung und Eingang zu verschaffen gewußt hat, die Gesundheit der Völker verbesserte und damit ihre Moralität erhöhte, wurde — soweit dies die vorliegenden Untersuchungen zu schließen gestatten — auf den vorangehenden Seiten erörtert.

So sind denn die großen Summen nicht vergebens aufgewandt, welche Staaten und Gemeinden auf Veranlassung weitblickender Aerzte, Verwaltungsbeamter und Techniker den Zwecken der Städtereinigung widmeten.

Die Assanierung der Städte war und bleibt die vornehmste Aufgabe der öffentlichen Gesundheitspflege.

1) siehe Rubner, *Lehrbuch der Hygiene*, Leipzig und Wien (1890) 343.

2) Wolffhügel, *Ueber die Verunreinigung des Bodens durch Straßsenkanäle und Abortgruben*, *Zeitschrift f. Biol.* 11. Bd. 473 (1875); siehe auch Fodor, *Bodenhigiene*, dieses Handbuch, Bd. I 129 (1893).

3) Rubner, *Lehrbuch der Hygiene* 341.

4) Erismann, *Untersuchungen über die Verunreinigung der Luft durch Abtrittgruben und über die Wirksamkeit der gebräuchlichsten Desinfektionsmittel*, *Zeitschrift f. Biol.* 11. Bd. 233 (1875).

5) Rubner, *Lehrbuch der Hygiene* 347.

6) E. Blasius, *Was ist in Braunschweig zur Assanierung der Stadt geschehen?* in *Monatsbl. für öff. Gesundheitspflege* (1884) 180 ff.

- 7) **Erismann**, *Entfernung der Abfallstoffe*, im *Handbuch der Hygiene* von v. Pettenkofer und v. Ziemssen 97 (1882).
- 8) *idem*, 98.
- 9) **R. Blasius**, *Beiträge zur Landeskunde*. Vortrag, gehalten im Verein für Naturwissenschaft zu Braunschweig am 13. April 1893, abgedruckt im *Braunschweiger Tageblatt* No. 201 vom 30. April 1893.
- 10) **von Pettenkofer**, *Ist das Trinkwasser Quelle von Typhusepidemien?* *Zeitschr. f. Biol.*, 10. Bd. 498.
- 11) *Reports of the Commissioners appointed in 1868 to inquire the best means of preventing the pollution of rivers* London 1870 and 1871, besprochen von Reich in *V. f. ö. Ges.*, 3. Bd (1871) 278 u. ff. und 4. Bd. (1872) 409 u. ff.
- 12) **Rubner**, *Lehrbuch der Hygiene*, (1890) 381.
- 13) **Hauser und Kreglinger**, *Die Typhusepidemie in Triberg* 1884/85.
- 14) **Hellwig**, *Die Typhusepidemie in Mainz im Jahre 1884*.
- 15) **Brouardel und Chantemesse**, in *Ann. d'hyg. publ.*, XVII, 385.
- 16) **Charrin**, *Ann. d'hyg. publ.*, XVII, 520.
- 17) **Kowalski**, *Bericht über den 6. intern. Kongress f. Hygiene zu Wien*.
- 18) **Beumer**, *Dtsch. med. Wochenschr.* (1887) No. 28.
- 19) *Bericht über das Sanitäts- und Medizinalwesen im Reg.-Bez. Liegnitz pro 1883 — 1885; siehe auch v. Liebermeister's Abdominaltyphus*, in **v. Ziemssen's Handbuch der spez. Path. u. Ther.**, 2. Bd. 1. Hälfte in Betreff älterer Beispiele.
- 20) **R. Koch**, *Wasserfiltration und Cholera*, *Zeitschrift f. Hyg. und Infektionskrankh.* 14. Bd. H. 3 S. 393.
- 21) **R. Koch**, *Ibidem*.
- 22) **Uffelmann**, *Handbuch der Hygiene* (1890), 629.
- 23) **v. Pettenkofer**, *Ueber die Abnahme der Typhussterblichkeit in der Stadt München und über das Trinkwasser als angebl. Typhusursache*, *D. Viertelj. f. öffentl. Gesundheitspf.* 6. Bd. 239.
- 24) **Fr. Sander**, *Handbuch der öffentlichen Gesundheitspflege*, Leipzig, S. Hirzel (1877) 68.
- 25) **Dr. A. Liévin**, *Die Mortalität in Danzig während der Jahre 1863—1869*, *D. V. f. ö. G.*, 3. Bd. 355.
- 26) *D. Viertelj. f. öffentl. Gesundheitspf.* 9. Bd. 350.
- 27) **Buchanan**, *Ninth Report of the medical officer of privy Council for 1866*, London 1867.
- 28) **Th. Weyl**, *Die Einwirkung hygienischer Werke auf die Gesundheit der Städte*, Jena, G. Fischer (1893), 29 und ff. Siehe auch die Diskussion der Berliner medizinischen Gesellschaft über **Weyl's Buch in der *Berliner klinischen Wochenschrift* 1893 und 1894.**
- 29) Siehe **Fodor**, *Bodenhygiene (Register unter Grundluft)* in Bd. I dieses Handbuches.

ABFUHRSYSTEME.

BEARBEITET

VON

DR. R. BLASIUS,
PROFESSOR IN BRAUNSCHWEIG.

MIT 45 ABBILDUNGEN IM TEXT.

HANDBUCH DER HYGIENE

HERAUSGEGEBEN VON

DR. THEODOR WEYL.

ZWEITER BAND. ERSTE ABTEILUNG.

JENA,
VERLAG VON GUSTAV FISCHER.

1894.

Zur Entfernung der menschlichen Exkremente aus den Städten sind, wie aus der Einleitung zur Städtereinigung zu ersehen, eine Reihe verschiedener Systeme erfunden worden.

Dieselben lassen sich in 2 große Gruppen bringen:

1) Die Abfuhrsysteme. Die Exkremente werden in nächster Nähe der menschlichen Wohnungen gesammelt und oberirdisch abgefahren.

2) die Kanalsysteme. Die Exkremente werden sofort in ein Kanalsystem eingeleitet und unterirdisch aus der Stadt entfernt.

Ueber die Trennsysteme, welche die Mitte zwischen Abfuhrsystemen und Kanalsystemen bilden, siehe in dem Abschnitt über Kanalisation.

I. Abfuhrsysteme.

In der mannigfachsten Weise hat man die Unannehmlichkeiten und Schädlichkeiten zu mildern gesucht, welche die Aufspeicherung der Exkremente in der Nähe der menschlichen Wohnungen mit sich bringen kann.

Die hierauf gerichteten Anstrengungen lassen sich in drei Gruppen bringen. Man unterscheidet dieselben als

- A) Grubensysteme,
- B) Tonnensysteme,
- C) Klosettssysteme.

Bisweilen kommen verschiedene Systeme, z. B. Klosett- mit Gruben-, oder Klosett- mit Tonnensystemen verbunden vor. Wir werden diese Systeme dort aufführen, wohin sie ihrer hygienischen Beziehung nach gehören.

A. Grubensysteme.

Das Grubensystem besteht darin, daß die menschlichen Exkremente in der Nähe des Wohnhauses in einer Grube gesammelt und von Zeit zu Zeit aus dieser oberirdisch entfernt werden.

Man unterscheidet¹:

- 1) Hauswassergruben, die nur Haus- und Regenwasser aufnehmen,
- 2) Senkgruben, denen außer diesem Wasser auch die Exkremente zugeführt werden, und
- 3) Abtrittsgruben, welche nur Exkremente, Faeces und Urin, eventuell mit Wasser verdünnt, bergen sollen.

Die Hauswassergruben pflegt man in kleinerem Maßstabe anzulegen, 40—50 cm in lichter Weite, höchstens 1,30 m tief. Sie müssen unbedingt wasserdicht in Klinkern und Cement hergestellt und mit einem engen Roste (dessen Stäbe höchstens 1 cm von einander entfernt sind) abgedeckt werden. Vom Brunnen muß die Grube einige Meter entfernt, außerdem mit einer 40 cm breiten, undurchlässigen Asphaltmörtelschicht umgeben sein, um eine Verunreinigung des umliegenden Erdbodens und damit des Wassers zu verhindern. Sehr häufiges Austragen resp. Ausbaggern der Hausgruben ist unbedingt erforderlich.

Hygienisch sind diese Hauswassergruben im oder in der Nähe des Hauses immer bedenklich, da 1) die Hauswasser, wie in der Einleitung auseinandergesetzt, eine Menge organischer, leicht in Fäulnis übergehender Stoffe enthalten, 2) pathogene Mikroorganismen mit sich führen können, 3) bei Ueberschwemmungen die benachbarten Brunnen und Keller gefährdet werden.

Senkgruben, die außer dem Haus- und Regenwasser auch die Exkremente aufnehmen sollen, welche dann natürlich mit Rohrleitungen der Grube zugeführt werden, richten sich in ihrer Größe nach der Menge der hineingelangenden menschlichen Exkremente und Abwässer, doch darf man die Größe von 1,50 m im Quadrat wenn möglich nicht überschreiten. Meistens zerfallen sie in eine Haupt- und Nebengrube. Die Hauptgrube wird wieder durch eine niedrige Wand in zwei Teile getrennt, deren einer die Abwässer mit den Exkrementen aufnimmt, während der andere schon ziemlich abgeklärtes Wasser enthält. An die Bauweise müssen wir dieselben Anforderungen stellen, wie sie weiter unten bei den Abortgruben geschildert werden.

Hygienisch sind die Senkgruben noch verwerflicher als die Hauswassergruben, weil die Exkremente in hohem Maße fäulnisfähig sind, pathogenen Keimen einen Nährboden darbieten und üble Gerüche erregen können.

Hygienisch ganz unhaltbar und unbedingt zu verwerfen sind die sogenannten Schwind- oder Versitzgruben, Gruben mit offenen Sohlen — also ohne Boden, in welche in der Regel nur die Abwässer des Hauses, zuweilen aber auch die Exkremente, namentlich der Urin, geleitet werden.

Der Inhalt sickert in die Umgebung der Grube durch und verunreinigt Boden, Wasser und Luft in der Nähe unserer Wohnungen. In Städten und größeren Flecken sind dieselben daher unbedingt zu verbieten, in Dörfern und bei einzelnen frei und isoliert gelegenen Wohnungen dürfen dieselben nur sehr weit von den Häusern angelegt werden.

Bei den Abtrittsgruben ist es in hygienischer Beziehung von Wichtigkeit, auf folgendes² zu achten:

- 1) Lage und Bau.

- 2) Ventilation.
- 3) Desinfektion und Desodorierung.
- 4) Entleerung.

1. Lage und Bau.

Die Abtrittsgrube darf unter keinen Umständen unter bewohnten Räumlichkeiten sich befinden und darf nicht unmittelbar an die Mauer eines Wohnhauses anschließen. Von dem nächsten Brunnen muß die Grube mindestens 15 m entfernt sein, von der Straßenfluchtlinie mindestens 3 m und von der Nachbargrenze 1 m, falls nicht zwischen den Nachbarn ein in die Grundbücher einzutragendes Uebereinkommen besteht, die Gruben beider Grundstücke zusammenzulegen.

Die Grube muß für Flüssigkeiten absolut undurchlässig sein und auf festem, gewachsenem Untergrunde oder auf einem festen Fundamente hergestellt werden. Der Bau derselben darf erst nach Fertigstellung des zugehörigen Wohnhauses im Rohbau beginnen, damit keine nachträglichen Senkungen oder Risse der Grube eintreten. — Als Baumaterial wird am besten eine Eisenkonstruktion gewählt und diese in einem Raum mit Umgang so angebracht, daß man ihre Dichtigkeit von allen Seiten kontrollieren kann. — Ist genügendes Steinmaterial vorhanden, so genügt bei kleinerer Wohnung ein einziger Steinblock, der ausgehöhlt wird. Bei undurchlässigem Material ist eine Stärke der Wände und des Bodens von mindestens 10 cm, bei porösem Material ein innen ausgeglätteter, mindestens 1 cm dicker Cementmörtelverputz anzubringen. — Bruchsteine sind zur Herstellung der Gruben möglichst zu vermeiden; lassen sie sich nicht umgehen, so müssen Wände und Boden mindestens 50 cm stark sein und innen mit einem 2 cm starken Cementkalk-Mörtel verputzt werden. Meistens werden die Grubenmauern aus Ziegelsteinen hergestellt.

Nach Thorwirth^{1a} werden am besten hartgebrannte und glasierte Backsteine in doppelter Schicht gemauert und zwischen beiden Schichten eine Lage plastischen Thones angebracht. Gruber² verlangt, daß die hart gebrannten Ziegel in Portland-Cement oder wenigstens Cementkalk-Mörtel vermauert werden. Außerdem können auch in heißen Teer getränkte Ziegel angewandt werden, die dann in Asphalt zu vermauern sind.

Die Dicke der Mauer muß mindestens eine Steinlänge betragen, der Boden aus mindestens 2 flachen, in den Stoßfugen überbindenden Ziegelschichten bestehen. Bei Herstellung der Wände aus Stampfbeton müssen Wände und Boden 30 cm stark sein.

Der Rauminhalt der Gruben soll möglichst gering sein, damit die Exkremente nicht zu lange Zeit in denselben aufgespeichert werden können. Für ein Ein-Familienhaus kann man 2,5 cbm, wenn mehrere Familien in einem Hause wohnen, 1,5 cbm für jede Familie rechnen.

Die Form der Abtrittsgrube kann eine kreisrunde, elliptische oder viereckige sein. Die letztere ist die wenigst günstige, da in den Ecken und Winkeln eine Leerung und Reinigung schwieriger ist; am besten sind daher die innen abgerundeten Formen mit muldenförmiger Vertiefung des Bodens.

Die Decke der Abtrittsgruben muß für Wasser und Luft möglichst undurchlässig sein. Bei kleineren Gruben ist ein eiserner oder steinerner Deckel, der gut eingepaßt ist, am besten. Nimmt man

starke hölzerne Bretter zum Decken, so müssen dieselben mit einer genügend starken Lehmsschicht bedeckt werden. Bei größeren Gruben wird am besten eine Wölbung mindestens 1 Ziegelstein stark gemauert, diese innen 2 cm stark mit Cementmörtel verputzt und außen mit einer mindestens 15 cm starken, dichten Lehmsschicht überdeckt. Im Mauerwerke ist mindestens eine 70 cm im Quadrat große Reinigungsöffnung zu lassen, die mit fest einzufalzendem, einfachem oder doppeltem, eisernem oder steinernem Deckel geschlossen werden kann.

Die neu hergestellten Abtrittsgruben dürfen erst nach behördlicher Prüfung ihrer Dichtigkeit in Benutzung genommen werden. Die Prüfung erstreckt sich zunächst auf eine sorgfältige Untersuchung der leeren Grube, dann wird dieselbe mit Wasser gefüllt und amtlich verschlossen. Wenn der Wasserstand nach 24 Stunden, abgesehen von der geringen Verdunstung, keine Senkung zeigt, darf die Grube in Benutzung genommen werden. Da gemauerte Abortgruben sehr schwer dicht zu halten sind, hat man in neuerer Zeit eiserne Fäkalreservoirs konstruiert. Kleinere gießt man aus einem Stücke, größere werden aus einzelnen Gußplatten zusammengesetzt. In neuester Zeit hat man in St. Petersburg cylindrische Reservoirs aus verzinktem Eisenblech hergestellt, die billiger zu stehen kommen, als gemauerte Gruben.

2. Ventilation.

Jede Abtrittsgrube muß ventiliert werden. Die unzweckmäßigste, leider noch vielfach stattfindende Lüftung der Gruben besteht darin, daß durch den durchlässigen Deckel die äußere kältere Luft auf die Grubenluft drückt und diese durch das Fallrohr und den Abtritt in die Wohnungen hineindringt. Verschlimmert wird dieser Zustand noch dadurch, daß man auf die Abtrittsgrube ein Dunstrohr aufsetzt, und die kalte Außenluft durch dieses hindurch die stinkenden Grubengase nach dem Innern der Wohnungen drängt.

Die beste Art der Ventilation und zugleich die einfachste hat Pettenkofer³ angegeben. Das Fallrohr wird über das Dach hinaus verlängert und, wenn möglich, im obersten Teile mit einer Wärmequelle (Gasflamme) versehen. Das Abtrittsfenster wird offen und der Deckel der Senkgrube möglichst hermetisch verschlossen gehalten. Dann tritt die kalte Außenluft in das Abtrittsfenster ein, geht durch das Brilloch in das Klosett, von hier in das Seitenrohr und dann mit der von hinten nachdrängenden Luft und dem von unten von der Grube aufsteigenden Gasen im Fallrohre nach oben bis über die Dachfirste hinaus in die freie Atmosphäre. Das Abfallrohr muß bis oben zum Dache hinaus denselben Querschnitt haben und darf niemals soweit in die Grube hinabragen, daß es durch Grubeninhalt verschlossen werden könnte.

d'Arcet⁴ hat zur Lüftung vorgeschlagen, vom Scheitel der Grube aus ein Ventilationsrohr über das Dach hinauszuführen und entweder an einen Küchenschornstein zu legen oder direkt durch Feuerung oder Gasflamme zu erwärmen. Bei offenen Abtrittssitzen findet dann ein fortwährendes Einströmen von oben durch das Fallrohr nach der Grube und von dieser durch das Ventilationsrohr nach oben über das Dach hinaus statt. Bei regelmäßiger Erwärmung des Ventilationsrohres und völlig dichtem Grubenverschlusse wirkt diese Ventilation sehr gut.

Alle übrigen Versuche, ohne Einbeziehung des Klosetts und Fallrohrs zu ventilieren, sind immer resultatlos verlaufen.

Näheres über Lüftung der Abtrittsgruben (Aborte und Abortröhren etc.) siehe in Handbuch der Architektur, 3. Teil, 5. Bd. S. 295 im Kapitel 22 über Lüftung der Aborte von Dr. Eduard Schmitt. Namentlich die technische Seite der Ventilation ist hier eingehend unter Zuhilfenahme zahlreicher Zeichnungen behandelt.

3. Desinfektion und Desodorierung.

Unter Desinfektion der Gruben versteht man die Vernichtung sämtlicher in den Gruben enthaltenen Mikroorganismen. Diese läßt sich erreichen durch genügenden Zusatz 1) von roher Salzsäure, 2) von Kalkmilch bei guter Durchmischung des ganzen Grubeninhalts mit dem Desinfektionsmittel.

Von roher Salzsäure muß so viel zugesetzt werden, daß die ganze Masse intensiv sauer reagiert (blaues Lackmuspapier stark und dauernd rötet), von Kalkmilch so viel, daß der durchgemischte Grubeninhalt stark alkalisch reagiert (rotes Lackmuspapier muß von dem Gemenge des Grubeninhalts und der Kalkmilch dauernd gebläut werden). Am besten ist es, sich die Kalkmilch unmittelbar vor dem Gebrauche selbst zuzubereiten. Bei zugedeckten Abtrittsgruben wird die Desinfektion sehr schwierig, wenn nicht unmöglich sein, da man nicht an alle Stellen des Grubeninhalts mit den Rührapparaten gelangen kann und dadurch eine vollständige Vermischung nicht erreicht wird.

Ausführlicheres über Desinfektion siehe in Bd. IX dieses Handbuchs.

Die Desodorierung hat mit der Desinfektion nichts gemein, da erstere ohne die letztere erfolgt sein kann. Die Desodorierung geschieht dadurch, daß man entweder I) die gebildeten übelriechenden Gase zerstört oder die Zersetzung des Grubeninhalts so modifiziert, daß sich keine übelriechenden Gase mehr bilden, oder II) mechanische Einrichtungen trifft, die eine Entwicklung übler Gerüche verhindern oder verlangsamen. Demnach werden angewandt ad I:

a) eine Reihe von Chemikalien, welche die übelriechenden Gase binden und die Fäulnis durch Zerstörung der Fäulnisbakterien hemmen,
b) einige poröse feinpulverige Substanzen, welche die Flüssigkeiten aus dem Grubeninhalt aufsaugen und gewisse chemische und antibakterielle Einflüsse ausüben.

a) Von Chemikalien sind folgende zu nennen:

1. Eisenvitriol.

Am besten wird es in einer Lösung von 1 Teil Eisenvitriol auf 1,6 Teile Wasser angewandt. Nach Pettenkofer genügen 25 g pro Person und Tag bei frischen Fäkalien. Dieselben werden durch Eisenvitriol sauer gemacht, das kohlensaure Ammoniak wird in schwefelsaures Ammoniak verwandelt, das Schwefelwasserstoffgas und Schwefelammonium durch Bildung von schwefelsaurem Ammoniak und Schwefeleisen und das freie Ammoniak durch die stets vorhandene freie Schwefelsäure gebunden. Der Ueberschuß an Säure, der immer vorhanden ist, wirkt hemmend auf die Weiterentwicklung der Bakterien. — Das Mittel ist relativ billig, ein Kilo kostet 4—5 Pfg. Unangenehm ist der Zusatz von Eisenvitriol für die spätere Verwendung des Grubeninhalts zur Düngung, da das Eisenoxydul für einige Kulturpflanzen giftig wirkt und derartiger Dünger daher erst vor der Anwendung längere Zeit an der Luft kompostiert

werden muß, um durch den aufzunehmenden Sauerstoff das Eisenoxydul in Eisenoxyd verwandeln zu lassen. Eisenvitriol ist ein unzuverlässiges Desinfektionsmittel.

2. Rohes Manganchlorür

wirkt ähnlich wie das Eisenvitriol, bindet Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium und das Ammoniak. Ein Kilo kostet ca. 20 Pf.; die rohe Lauge würde noch bedeutend billiger zu erhalten sein. Es wirkt nur in saurer oder alkalischer Lösung sicher desinfizierend.

3. Rohes Kaliumpermanganat.

Nach Flüggé⁵ „wirkt dasselbe energisch auf Bakterien, oxydiert Schwefelwasserstoff und andere übelriechende Stoffe, und das entstehende Manganoxyd bindet außerdem Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium“. Ein Kilo kostet 55 Pf. Wirkt nur in saurer oder alkalischer Lösung sicher desinfizierend.

4. Rohe Karbolsäure

würde erst in 5-proz. Lösung, den Fäkalien zu gleichen Teilen zugesetzt, die Entwicklung der Bakterien hemmen. Die Anwendung einer derartig konzentrierten Lösung findet aber eigentlich niemals statt. Die schwachen Karbolsäurelösungen, welche meistens Verwendung finden, dienen nur dazu, die „üblen Gerüche durch den eigenen unangenehmen Geruch zu verdecken.“ Ein Kilo kostet 49 Pf.

5. Eine Reihe von Stoffen, die teils für sich allein, teils in Gemengen untereinander zu besonderen Desinfektionsmethoden verwandt wurden. Dahin gehören u. a.: gebrannter Kalk, Kalksuperphosphat, Zinkvitriol, Dolomit, Magnesiumchlorür, Thonerde, Eisenoxydhydrat, Kohle und Teer.

6) Von den besonderen Verfahren, die auf Zusatz solcher Stoffe teils schon in den Klosetten, teils erst in der Grube beruhen, seien hier nur die folgenden erwähnt, indem wir auf die ausführlicheren Darlegungen im Handbuch für Architektur, 3. Teil, 5. Bd. 272 ff. und 249 ff. verweisen.

α) Süvern'sches Verfahren.

Die Süvern'sche Masse gewinnt man dadurch, daß man gelöschten Kalk (100 Teile Kalk mit 300 Teilen Wasser) mit 8 Teilen Teer und 33 Teilen Magnesiumchlorid versetzt. Vermischt man die Faeces mit dieser Masse, so bildet sich ein flockiger, schlammiger Niederschlag, den man sich absetzen läßt. Die über dem Niederschlag stehende Flüssigkeit läßt man oberflächlich ablaufen, der abgesetzte Schlamm wird aus den Gruben abgefahren.

Die Magnesia bildet mit der in den Exkrementen vorhandenen Phosphorsäure Tripelphosphatsalze, der Teer soll durch Karbolsäurebildung (?) die Fäulnis zurückhalten, der Kalk wirkt direkt desinfizierend, d. h. bakterienzerstörend.

Nur wenn derselbe in reichlichem Ueberschusse den Exkrementen gegenüber vorhanden ist, erhält man befriedigende Resultate und kann den Ablauf des Klärwassers in die Flußläufe gestatten.

Ueber die Anwendbarkeit des Süvern'schen Verfahrens sind die Ansichten geteilt.

Nach Heiden⁶ „ist die Süvern'sche Desinfektionsmasse nur da verwendbar, wo die Fäkalien stark mit Wasser verdünnt sind, mithin bei dem Kanalwasser und dem mit vielem Wasser verdünnten Grubeninhalt. Die Erfahrung lehrt, daß die Flüssigkeit durchaus nicht so weit gereinigt ist, daß sie ohne Gefahr in öffentliche Wasserläufe gelassen werden kann und daß die sich absetzende Masse, welche durch den Zusatz den Dungwert fast ganz verloren hat, vom Landwirt nicht gekauft wird.“

Nach Grouven⁷ wirkt das Süvern'sche Verfahren gerade am besten in stark verunreinigtem, konzentriertem Kloakenwasser. Der Stickstoff geht zu $\frac{1}{3}$ in den Niederschlag über, wenn Ammoniak gebildet wurde und das Kanalwasser sich bereits in Gärung befand; $\frac{1}{3}$ verdunstet als Ammoniak, $\frac{1}{3}$ geht mit dem gereinigten Wasser als Harnstoff fort. Die Magnesia bindet Phosphorsäure, Kohlensäure und Ammoniak als phosphorsaure und kohlensaure Ammoniak-Magnesia. Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium werden durch die Alkalien gebunden, riechen nicht und werden durch Oxydation aus dem Wasser entfernt. In dem abfließenden geklärten Wasser verwandeln sich durch Luftzutritt das Calciumsulfid in unterschwefligsauren Kalk und in schwefelsauren Kalk. Der Rest des Kalkes scheidet sich als kohlensaurer Kalk am Boden ab.

Nach Grouven soll der Versuch 1867 in Leipzig befriedigende Resultate geliefert haben, die Kanalluft soll gereinigt gewesen sein und nur schwach nach Ammoniak und Teer gerochen haben, das Wasser soll rein abgeflossen sein.

Der Wert des Düngers stellte sich im stark getrockneten Zustande pro 100 kg auf fl. 0,46, vertrug daher keinen weiteren Transport.

In verschiedenen öffentlichen Anstalten wurde das Verfahren durchgeführt, so z. B. im Heidelberger akademischen Krankenhause⁸. 1869 wurden in Berlin in größerem Maßstabe Versuche damit gemacht und die Einführung im Leipziger Barackenhospital beschlossen.

O. Hausmann⁹ untersuchte die Wirkung des Mittels auf Kanalwasser und fand, daß die Entwicklung von Vibrionen auf 4—6 Wochen vollständig zurückgehalten wurde.

Auch zur Desinfektion von Schmutzwässern, speziell von Abwässern von Zuckerfabriken, wurde die Süvern'sche Desinfektionsmethode mit Erfolg angewandt, wie dies namentlich in einem amtlichen Gutachten von Delbrück¹⁰ dargelegt wird. Die Versuche von Hausmann und Delbrück stammen aber aus der Zeit vor den Reinkulturen und sind deshalb nicht entscheidend.

Nur wenn strenge Kontrolle ausgeübt wird, und wenn man den Betrieb übersehen kann, ist das Verfahren, namentlich bei reichlichem Ueberschusse von Kalk, zu gestatten.

Das Süvern'sche Verfahren dürfte aber dann kaum wirkungsvoller sein als die bloße Anwendung von Kalk und wäre hiernach entbehrlich.

Eine exakte, mit Hilfe der neueren bakterioskopischen Methoden

angestellte Untersuchung über die Wirksamkeit des oben geschilderten Verfahrens scheint zu fehlen.

β) Friedrich's Verfahren (siehe Fig. 1—5 auf S. 51).

Dasselbe ist seit 1880 bekannt. Zum Klären und zum Desinfizieren wird ein Gemenge von Thonerdehydrat, Eisenoxydhydrat, Kalkhydrat und Karbolsäure benutzt. Dieses befindet sich in einem Korbe aus Drahtgewebe, der in einem Kasten aus Eisenblech steht, und wird durch stark mit Luft imprägniertes Wasser aufgerührt und zu einem Desinfektionswasser angemischt. Ein derartiger Apparat ist entweder central im Hause anzulegen (wie das in Fig. 1 zu sehen ist) und zur Abgabe an die einzelnen Klosetts, Pissoirs, Gruben etc. heranzuziehen, oder er wird für jedes Klosett besonders aufgestellt (Fig. 2 hoch über dem Sitzbrett, Fig. 4 dicht hinter dem Sitzbrett) oder bei der Grube angelegt, die die Abwässer des ganzen Hauses aufnimmt (Fig. 5). In Schulen und öffentlichen Gebäuden benutzt man einen Kastenrührapparat (Fig. 3), der mit den Tragklosetts in Verbindung steht.

Die Funktion des Apparates ist sehr sinnreich erdacht. Sobald das Klosett benutzt wird, sinkt der Wasserstand in dem Blechkasten und damit ein Schwimmer, der selbstthätig den Hahn der Wasserleitung öffnet. Das Wasser derselben läuft zu, passiert eine Art Wassertrommelgebläse, nimmt reichlich atmosphärische Luft auf und reißt durch Aufwallen und Ausspülen Desinfektionsmasse aus dem Drahtkorbe mit sich. Die mit dem Desinfektionswasser gemischten Exkremente werden durch eine Röhre in die Senkgrube geleitet und setzen sich dort ab. Wenn nötig, wird das über dem Niederschlage erscheinende Wasser noch in mehreren Klärbassins abgeklärt und dann in die Kanäle abgelassen. Der Schlamm aus der Grube und den eventuellen späteren Klärbassins muß abgefahren werden.

Namentlich in Leipzig wurde das Verfahren allgemein eingeführt; man hat aber auch in vielen anderen Städten, z. B. in Braunschweig, bei einzelnen Häusern, Krankenanstalten u. s. w. Versuche damit gemacht. Pro Kopf und Jahr rechnet man eine Ausgabe von 40—90 Pf. für das Desinfektionsmittel.

Nur bei sorgfältigster Kontrolle, z. B. in einzelnen Häusern oder Krankenanstalten, ist das Verfahren zulässig, aber bei Berechnung der Anlagekosten ziemlich teuer.

Am bequemsten läßt sich das Mittel anwenden, wenn Wasserleitung im Hause vorhanden ist. Fehlt diese, so muß man das Desinfektionsmittel im nassen Zustande dem Grubeninhalte zusetzen.

Nach Hüllmann¹¹, der die Methode von Friedrich in Plagwitz eingehend bespricht, ist schon 6 Jahre vorher, 1874, von Herrn J. von Valmagini ein sehr ähnliches System erfunden, das aber, soweit bekannt geworden, nirgends zu besonderer Geltung gelangte.

Außerdem sind folgende Verfahren zu erwähnen, die eine geringere Verbreitung gefunden und auch wissenschaftlich hygienisch keiner eingehenden Untersuchung unterworfen wurden:

γ) Zeitler'sches Verfahren. Dasselbe ist dem Friedrich'schen sehr nahe verwandt. Das Desinfektionsmaterial ist im oberen Geschosse oder auch in gleicher Höhe mit dem Abtrittstrichter in einem schmiedeeisernen Kasten untergebracht, der mit einem Schwimmkugelhahn ausgestattet ist. „An diesen schließt sich ein Knierohr an, dessen hori-

zontaler Schenkel mit kleinen Oeffnungen versehen ist, die das zufließende Wasser ausströmen lassen und so das im Kasten befindliche, sehr leicht bewegliche Desinfektionsmaterial aufwirbeln. Das mit letzterem geschwängerte Wasser fließt durch ein senkrecht absteigendes Rohr in das Abtrittsbecken“. (Näheres deutsche Bauzeitung 1879, S. 225).

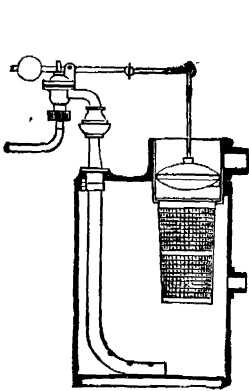


Fig. 1.

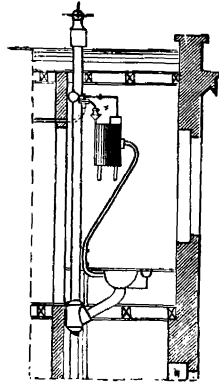


Fig. 2.

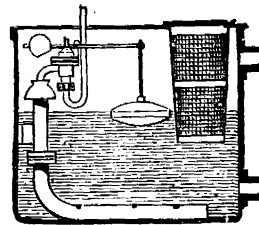


Fig. 3.

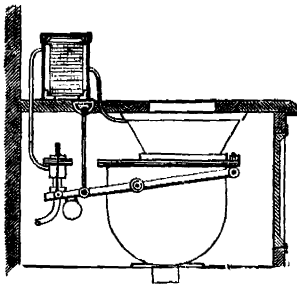


Fig. 4.

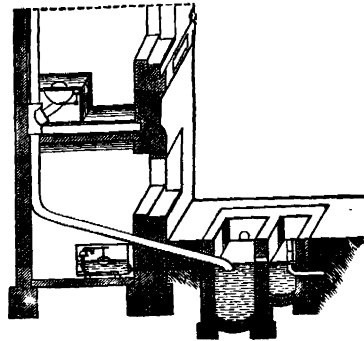


Fig. 5.

- Fig. 1. Central-Rührapparat zu Friedrich's Desinfektion.
 Fig. 2. Friedrich's Desinfektions-Leitung.
 Fig. 3. Friedrich's Separat-Klosett-Desinfektions-Apparat.
 Fig. 4. Kasten-Rührapparat für größere Gebäude.
 Fig. 5. Rührapparat im Niveau von Friedrich's Desinfektionsgrube.

δ) Wilhelmy's Verfahren.

Dasselbe ist sehr ähnlich dem Friedrich'schen Verfahren, nur werden die Fäkalien mit den Chemikalien (Thonerdehydrat, Eisenoxydhydrat, Kalkhydrat und Karbolsäure) in einer Vorgrube gemischt und von hier aus 2mal wöchentlich in eine größere Grube übergelassen. — Auch diese Desinfektion ist unsicher und nur bei sorgfältigster Kontrolle von einigem Werte.

e) Hartmann's Desinfektionseinrichtung ist ähnlich der Süvern-schen, unterscheidet sich aber dadurch, daß der Apparat in einer Grube außerhalb des Gebäudes oder im Souterrain aufgestellt und die Desinfektionsmasse verbessert ist. Dieselbe besteht aus Eisenoxydhydrat, Thonerdehydrat, Karbolsäure, Aetzkalk und Chlormagnesium.

ζ) Jennings's Desinfektor. Als Desinfektionsmittel wird Aluminiumchlorid benutzt, das in konzentrierter Lösung in einem Behälter über dem Abtrittssitze aufbewahrt wird. Beim Ziehen der Griffstange erfolgt erst Spülung mit reinem Wasser, dann selbstthätig mit dem Desinfektionsmittel.

η) Verschiedene Methoden, die keine Desinfektionswasserleitung voraussetzen. Der Desinfektor ist im Abortraum zwischen Spülhahn und Abortbecken angebracht. Dahin gehören die Einrichtungen von Grumbkow & Co. (Rohrleger 1879 S. 59) in Berlin nach dem System Tuch und Wilhelmy, H. Langstone Jones in London, O. Rössemann in Berlin (D. R.-P. No. 6586), Warner in Stowmarket (D. R.-P. No. 14230), Mahlow in Berlin (D. R.-P. No. 8834 und 10492), Röber in Dresden und Gläser in Berlin (D. R.-P. No. 9247), Th. Goodson in Berlin (D. R.-P. No. 9247), E. J. Mallet jun. in New-York (D. R.-P. No. 10296).

9) Verfahren von Hennebutte und Vauréal.

Nach Heiden¹² schließt sich dies Verfahren dem ABC-Prozesse (der später bei der Lehre von der Flußverunreinigung besprochen werden wird) an. Wird auf Abortgruben angewandt, in denen Fäkalien längere Zeit sich ansammeln und mit Wasser aus Nachtgeschirren, Waschgeschirren, Küche etc. gemischt werden.

Nachdem durch Metallsalze der Latrinengeruch (namentlich der Schwefelwasserstoff) gebunden ist, werden Kalk, schwefelsaure Thonerde u. s. w. zugesetzt und die Masse in eine wässrige Lösung und einen Bodensatz gesondert. Der Bodensatz wird in Filterpressen gedrückt und in trockene Kuchen verwandelt, die Flüssigkeit auf Ammoniak destilliert und dieser an Schwefelsäure gebunden.

ι) Verfahren von Desbrousses.

Fr. Emery Desbrousses schlug 1880¹³ vor, den Grubeninhalt mit Petroleum zu mischen und zwar in einer Mischung von $\frac{1}{2}$ l Petroleum auf 35—40 l Wasser. In einigen französischen Kasernen wurde dies Verfahren ausgeführt.

Alle die unter α — ι geschilderten Methoden bedürfen der wissenschaftlichen Prüfung.

Eine große Menge anderer Reinigungsverfahren, die sich möglicherweise auch auf Abtrittsgruben anwenden ließen, werden wir später bei der chemischen Reinigung des Kanalinhalt kennen lernen.

b) Von den porösen, feinpulverigen Substanzen sind gepulverte Holzkohle, trockene Erde, Torfmull und Asche zu erwähnen. Die Wirkung derselben besteht darin, daß Schwefelwasserstoff und Schwefelammonium sich gar nicht, und Ammoniak nur in geringer Menge bilden. Die Entwicklung der Bakterien wird bei einigen ge-

hemmt, bei anderen gar nicht gestört, im Gegenteil gedeihen dieselben zum Teil in der porösen Masse ausgezeichnet und befördern die Verwesung der organischen Stoffe bedeutend. In dem unvermischten Gemenge von Faeces und Urin gehen die pathogenen Mikroorganismen viel rascher zu Grunde, als in den mit Holzkohle, Asche oder Erde gemischten Exkrementen. Nur bei dem Torfmuß ist neuerdings eine direkt antibakterielle Wirkung nachgewiesen. Näheres über die Anwendung von Erde, Asche und Torfstreu folgt später bei den Klosettssystemen.

2. Von den mechanischen Einrichtungen, welche eine üble Geruchsentwicklung der Faeces verhindern, sind zu erwähnen:

a) Die Versuche in der Grube die flüssigen von den festen Exkrementen zu trennen.

1) Diviseur von Gourlier, 1788 vorgeschlagen, zur praktischen Geltung gebracht nach Kaftan¹⁴ durch Payen und Dalmont im Jahre 1834. Nach Kaftan ist die Einrichtung folgende: „Der untere Teil des Fallrohres endet in einem durchlöcherten Blechcylinder, der unten mit einer drehbaren Klappe verschlossen ist. Die flüssigen Dejekte finden ihren Ausweg durch die Löcher des Cylinders in ein weites, den ersteren umhüllendes, Rohr und von da in 2 oder mehrere terrassenförmig untereinander angeordnete Bottiche, welche durch mit Oeffnungen versehene horizontale Zwischenwände in je 2 Abteilungen getrennt werden. Das Zuflußrohr reicht durch die Zwischenwand stets bis in die untere Abteilung, wogegen der Ablauf über dem durchlöcherten Zwischenboden ausmündet und wieder bis unter den Siebboden des nächsten Gefäßes reicht. Die obere Abteilung kann mit einem Filtermateriale angefüllt werden. Die liquiden Stoffe durchlaufen nun diese Filterbottiche, um in gemauerte Sammelgruben abzufließen, während die festen durch die Klappe in dem Siebcylinder zurückgehalten werden und, nachdem sie ein gewisses Gewicht erlangt, durch Drehung der festen Achse der Klappe in das tiefer liegende Gefäß heruntersteigen. Das letztere ist mittels eines Rohres mit einem weiten, höher liegenden Gefäße verbunden, das zur Aufbewahrung von Torferde, Kalkpulver u. s. w. dient und dieselben nach Oeffnung einer Klappe herabfallen läßt und damit die festen Exkremente bedeckt. Dieser Apparat wurde im Hospitale zu Bicêtre angewendet, doch wegen seiner schwierigen Handhabung wieder aufgegeben.“

2) Diviseur von Dugleré. Dieser besteht aus einer aus scharf gebrannten Ziegeln ($1—1\frac{1}{2}$ Stein stark) oder aus harten, kieselhaltigen Steinen in hydraulischem Mörtel hergestellten Grube, deren Sohle, mindestens 0,3 m stark, am besten aus zwei Lagen von flachen, harten Bruchsteinen in Cementmörtel oder Gipsguß bestehend, von vorn nach hinten eine Neigung von 5 cm auf 1 m Länge hat.

Durch eine durchlöchernte, aus Ziegeln in Cementmörtel hergestellte vertikale Scheidewand *C* (Fig. 6 S. 54) wird die Grube in 2 Teile *A* und *B* geteilt, eine vordere obere größere und eine hintere untere kleinere. Die Scheidewand hält die festen Teile zurück, die flüssigen fließen durch und gelangen entweder durch ein Rohr *o* aus dem tiefsten Teile der kleineren Abteilung direkt in die öffentlichen Leitungen, oder werden, wenn dies nicht gestattet ist, von Zeit zu Zeit ausgepumpt und abgefahren. Oben

ist die Grube mit 2 konzentrischen, halbiegelstarken Ringen in hydraulischem Mörtel gewölbt, mit einem Einsteigeschacht und einem Dunstrohr zur Ventilation versehen. In Lyon gelangten aus diesen fosses fixes à diviseurs die flüssigen Massen direkt in die städtischen Straßenkanäle. Im

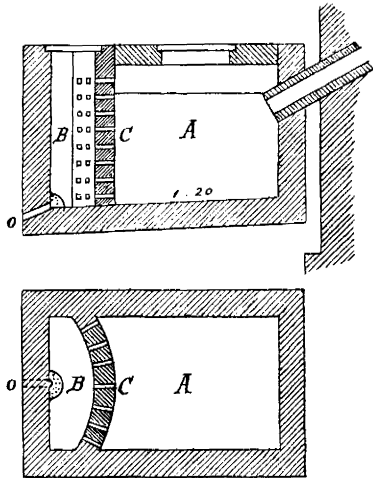


Fig. 6. Diviseur von Dugleré.

ron¹⁶ und Parkes¹⁷ besteht dieser aus einem eisernen Behälter, der in einer Ecke des oberen Umfanges das Zuleitungsrohr eines Wasserklosetts aufnimmt, an der entgegengesetzten Ecke des Bodens das Abzugsrohr für die Flüssigkeiten austreten läßt. Vor der Abgangsstelle dieses Rohres ist ein durchbrochenes Gitter angebracht, hinter dem noch eine Lage grober Kohle und Asche sich befindet, welche ebenfalls von der Flüssigkeit passiert werden muß. Der Behälter wird so groß konstruiert, daß er die festen Abgänge eines Hauses für mehrere Monate aufnehmen kann.

4) Taylor's Appar. Derselbe besteht nach Parkes¹⁸ aus einem Recipienten mit einer scheibenartigen Platte, die nach der Zahl der Personen zwischen $3\frac{1}{2}$ bis $4\frac{1}{2}$ Fuß Durchmesser variiert. Diese dreht sich beim Gebrauche der Aborts; der Urin läuft nach unten ab, während der Kot an der Scheibe haften bleibt.

5) Baudin's patent apparatus besteht nach Cameron¹⁹ aus einem konischen Eisendrahtbehälter, der mit dem breiten Teil nach unten in einem Cylinder von durchbrochenem Metall steckt. Dieser Cylinder ist von einem wasserdichten eisernen Cylinder, welcher mit einem cisternenartigen Recipienten in Verbindung steht, umgeben. Der Raum zwischen dem konischen Drahtbehälter und dem inneren Cylinder ist mit Sägespähnen gefüllt, die mit antiseptischen Substanzen durchtränkt sind. Die Exkremente fallen zunächst in den Konus, hier wird das Feste zurückgehalten, das Flüssige, filtriert durch die Sägespähne, wird beim Passieren desinfiziert (!?), gelangt dann in den äußeren Cylinder und endlich in die unten stehende Cisterne, die abnehmbar ist.

6) Eine Verbindung des d'Arcet'schen Systems mit dem der

Hôtel du Louvre in Paris, für welches 25 dieser separateurs oder grands diviseurs aufgestellt wurden, flossen sie in besondere Behälter. Auch in Deutschland hat nach Kaftan¹⁵ dieses System vielfach Verbreitung gefunden. Die Gruben wurden aber oft erst nach 1—5 Jahren geräumt. Hierbei ereigneten sich mehrfache Todesfälle bei den mit der Reinigung beschäftigten Arbeitern. Außerdem zeigten sich bedenkliche Verunreinigungen des Untergrundes in der Nähe der Gruben. Aus diesen Gründen ging man zu anderen Methoden über.

Raschdorff^{15a} hat in Köln im Munizipalgefängnis das Dugleré'sche System mit einigen Abänderungen angewandt.

3) Chesshire's intercepting tank. Nach Came-

Trennung war in der (früher Dr. Reimer'schen) jetzt Dr. Kahlbaum'schen Irrenanstalt in Görlitz nach Roth und Lex²⁰ ausgeführt. Die Exkremente gelangen, wie aus Fig. 7 ersichtlich, sämtlich in eine flache Grube, die einen etwas geneigten Boden hat. An der tiefsten Stelle geht unter einem Gitter ein heberartig gebogenes Rohr ab, das den Urin in ein von oben zugängliches Wasserreservoir ableitet, in dem feste Massen sich noch absetzen können. Die flüssigen Stoffe werden mittels einer Pumpe ent-

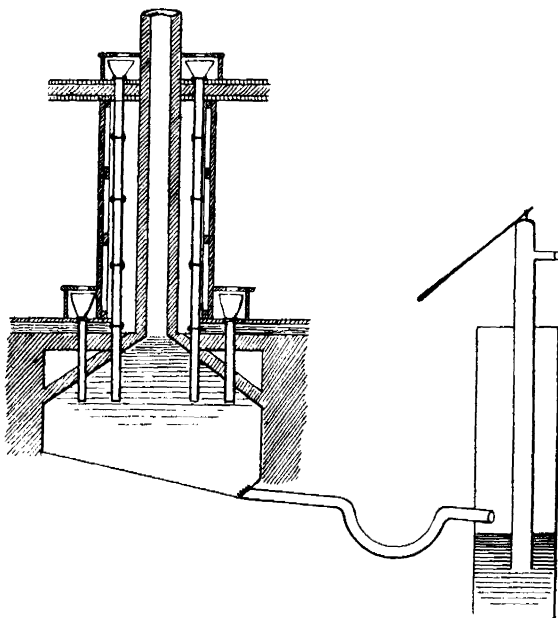


Fig. 7. Abfuhrsystem in Dr. Kahlbaum's Anstalt.

leert. Durch dichte Bohlen und 2 Fuß dicke Lehmschüttung ist die Decke der Grube fest verschlossen; ein, eventuell erwärmtes, Luftrohr in der Mitte führt die Gase nach oben ab.

Dem d'Arcet'schen Systeme sehr ähnlich ist das System Diponchel²¹.

7) Wustandt²² hat nach Roth und Lex²³ eine Modifikation dieser Anordnung angegeben, indem er den Urin an der vorderen Wand des Fallrohrs hinabfließen läßt und durch eine besondere Rinne direkt nach der tiefsten Stelle der Kloake leitet. Um diesen Zweck zu erreichen, ist das Sitzbrett entsprechend ausgeschnitten und der vordere Teil des Fallrohres nach vorn ausgebogen. Die Pissoirs, in die auch alle übrigen Hauswässer eingeschüttet werden, münden gleichfalls in die Urinrinne an der tiefsten Stelle der Grube; auch das Regenwasser führt in diese Rinne und bewirkt periodische Spülung. Von der tiefsten Stelle der Kloake geht alles nach der eigentlichen Senkgrube.

8) Nessler²⁴ (D. R. P. No. 23 747) will den flüssigen Inhalt der Abortgruben kontinuierlich entfernen, indem er durch ein Rohr die Flüssigkeiten nach einem Filter ableitet, und zwar an der der Eintrittsstelle gegenüberliegenden Wand.

Es ist mir nicht bekannt geworden, daß das Verfahren größere Verbreitung gefunden hat.

9) Bonnefin²⁵ empfiehlt 1883 in einem Artikel: „Système de vidange“ „sein Abfuhrsystem, eine Art von Diviseur oder kleinem Filterbassin, mit ständiger Desinfektion durch Eisenvitriol“.

b) Versuche durch dichte Verschlüsse Geruchlosigkeit herbeizuführen.

1) Das Schleh'sche Verfahren^{26. 27} besteht darin, daß die Fallrohre *a* der Aborte eines ganzen Hauses in ein großes Fäkalreservoir *d* mit Isolierschicht *k* geleitet werden, das in die Mauer *l* eingesenkt wird. Nimmt man gußeiserne Reservoire, so fällt die umgebende Asphaltschicht *k* und das Mauerwerk *l* weg, nur der Deckel behält seine Isolierschicht.

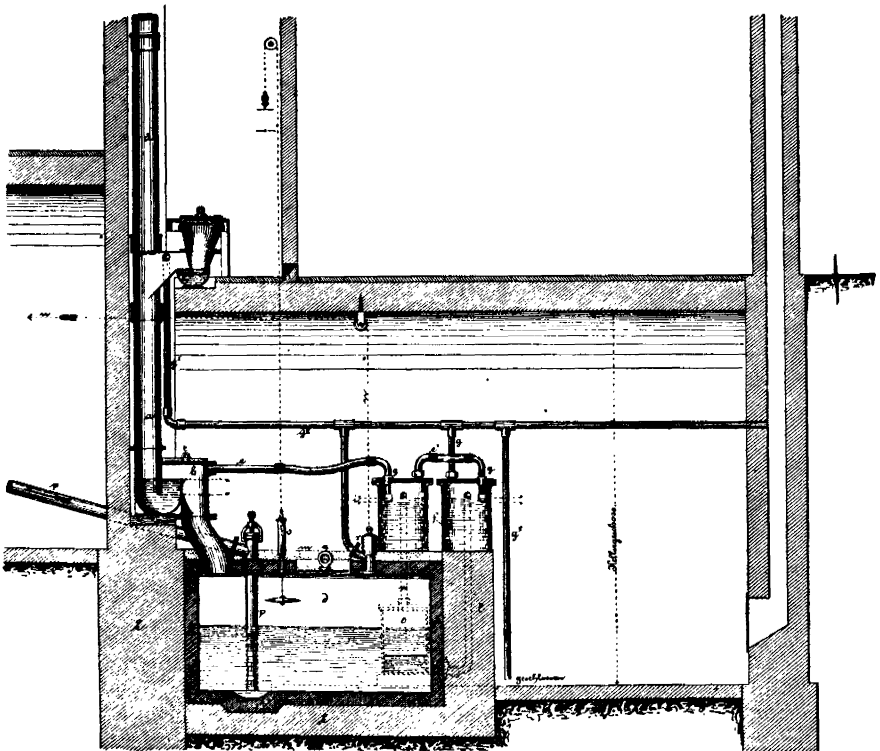


Fig. 8. Schleh'sches Fäkalreservoir.

Die Fallrohre sind durch Syphons gegen den Exkrementenbehälter abgesperrt.

Die Stinkgase aus der Grube werden durch ein Rohr *e* von der oberen Decke aus nach oben in Kondensationstöpfe oder Filter *f* geleitet, dort werden Schwefelwasserstoff und Ammoniak durch Eisenvitriol, die Fettsäuren durch konzentrierte Schwefelsäure gebunden und dann ent-

weder in die freie Atmosphäre oder noch unter eine Feuerung durch die Rohre *g'''* geleitet. — Vom Boden des Reservoirs aus geht ein Rohr *p* nach der Straße, das das Auspumpen der Fäkalien ermöglicht, indem gleichzeitig ein geöffnetes Ventil *v* die atmosphärische Luft eintreten läßt bei Kontrolle durch ein von außen sichtbares Manometer *s*.

Das Verfahren erinnert sehr an die ersten Anfänge des Liernur-schen Systems in Prag mit transportabler Auspumpemaschine. Die Kompliziertheit der verschiedenen Manipulationen hat eine Einführung wohl meistens gehindert.

2) Das Goldner'sche²⁸ Verfahren beruht darauf, daß die Exkremeute durch ein gußeisernes Fallrohr, das bis nahe an den Boden der mit Wasser gefüllten Grube verlängert ist, direkt unter einen Wasserverschluß kommen und infolge ihres spezifisch schwereren Gewichts unten bleiben. Nach Baumeister²⁸, der ein eingehendes Gutachten über das Verfahren abgegeben hat, vermag ein Behälter von 230 l Inhalt eine Exkrementenzufuhr von täglich 12 kg 10 volle Tage zu konservieren, ohne daß faulige Ausdünstungen beobachtet werden. Die oben schwimmenden Massen, wie Papier etc., entwickeln aber immer Gerüche. Das durch die Faeces verdrängte Wasser fließt von oben in die Kanäle ab, ebenso der ganze wässrige Grubeninhalt, wenn man ihn nicht abfahren läßt oder ihn unterirdisch in eine andere, entferntere Grube leitet.

Das Verfahren wurde von Goldner in seinem eigenen Hause in Baden-Baden eingeführt, außerdem fand es Anwendung im Hospice des Quinze-Vingt zu Paris. — Man hat dieser Einrichtung einen gewissen landwirtschaftlichen Wert beigelegt, da die Exkremeute nur etwa bis zum doppelten Volumen verdünnt werden, während im Wasserklosett eine mindestens 10fache Verdünnung stattfindet.

3) Das Thiriart'sche Verfahren wird von Uffelmann²⁹ (siehe auch Gesundheitsingenieur³⁰) folgendermaßen geschildert: „Das Abfallrohr mündet in die kreisförmige, aus Mauersteinen und Cementverputz oder aus mehreren gußeisernen Ringen hergestellte und durch ein Gewölbe verschlossene Grube ein und führt, etwas sich erweiternd, fast bis auf den Boden, während es nach oben in das untere Ende eines Ventilationsrohres sich einlegt, welches über dem Dache mit einem Deflektor versehen ist. Die in der Grube sich bildenden Gase steigen durch ein besonderes in der Mauer des Hauses angebrachtes Rohr auf, welches über der obersten Etage in das Ventilationsrohr einmündet. Ein Rührwerk soll zur Zerteilung des Grubeninhalts vor der Entleerung in Bewegung gesetzt werden.“

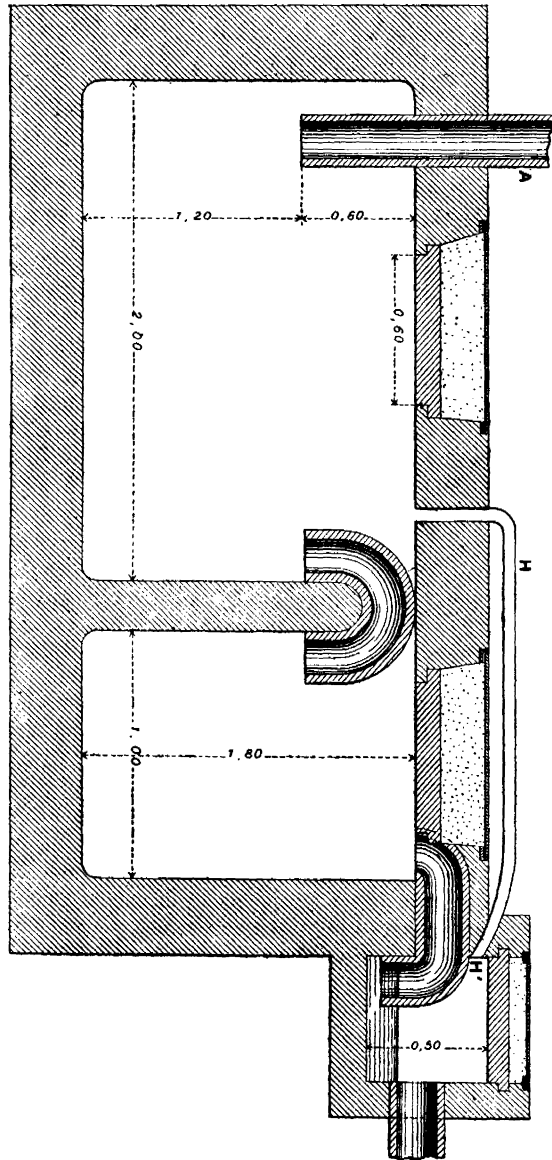
4) Bei dem Mouras'schen Verfahren wird nach Uffelmann³¹ „die Abortgrube durch das Einfall- und Entleerungsrohr, welche beide in die Jauche eintauchen, derart abgeschlossen, daß ein Entweichen von Gasen unmöglich ist. Kommt dann eine neue Menge Faeces hinzu, so fließt ein entsprechendes Quantum Flüssigkeit ab“.

Genauerer darüber berichtet Götel³² nach Beobachtungen in den Herzog'schen Fabriken in Logelbach und Urbeis. Als Vorteil erwähnt er die Unmöglichkeit, daß die Gase in das Haus einströmen und daß die Fäkalmassen sich in dem Wasser zersetzen und verflüssigen. Gefährlich ist immer die Ansammlung einer so großen Menge von Faulflüssigkeit in unmittelbarer Nähe der Wohnung; notwendig ist es, daß die ablaufenden Flüssigkeiten auf Rieselfelder geleitet werden. Deshalb

scheint es richtiger, sofort das Schwemmkanalssystem mit Rieselung einzurichten.

Nach Mauriac³³ existieren in Bordeaux von 31000 Häusern 17000 mit 136000 Einwohnern, die kein Wasser von der öffentlichen Wasserleitung erhalten und bei denen das Schwemmsystem also nicht durchgeführt werden kann. In den gewöhnlichen Senkgruben werden jährlich ca. 287000 cbm Wasser und Exkremente angesammelt, davon

Fig. 9. Automatische Senkgrube von Bordeaux.



durch die Entleerungsgesellschaften 72000 cbm abgefahren, sodaß also 215000 cbm jährlich in den Boden versickern müssen.

Diesen Zuständen gegenüber ist es als ein entschiedener Fortschritt anzusehen, daß die Stadtverwaltung die Einführung der Mouras'schen Gruben beschlossen hat, mit der Modifikation, daß die Grube durch eine feste senkrechte Scheidewand, wie es Fig. 9 zeigt, in 2 Teile geteilt wird, die durch einen Siphon miteinander in Verbindung stehen.

HH' bedeutet ein Rohr, welches der Luft beim Einfallen von Fäkalien durch das Fallrohr *A* den Ausgang gestattet (S. 58).

5) Das Pagliani'sche³⁴ Verfahren besteht in einer Modifikation des Mouras'schen. Die Gruben sollen so hergestellt werden, daß sie entweder durch ein an der Oberfläche befindliches Rohr in die Kanäle entleert werden oder, falls dies Rohr verstopft ist, durch einen im Boden der Grube vorhandenen Kanal abgelassen werden können. E. Vallin³⁵ teilt darüber folgendes mit:

Um die Kosten für Kanalisation und Rieselanlagen zu sparen, sucht man in Italien sich damit zu helfen, daß man die Abwässer in diesen Gruben für mehrere Monate sammelt und dann den Landwirten nach Bedürfnis zum Düngen abgibt. Auf Grundlage früherer Vorschläge^{35a} hat Pagliani in der neuesten Publikation von 1891 die in Fig. 10 demonstrierte Verbesserung des Mouras-

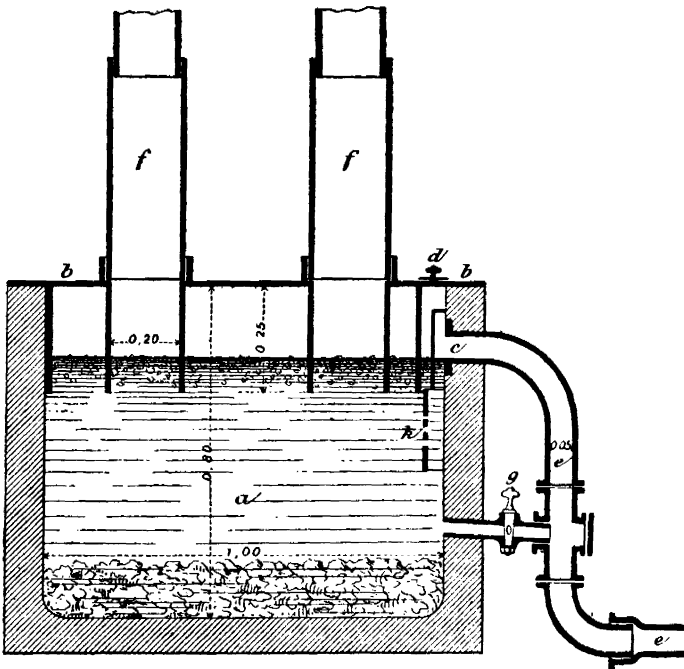


Fig. 10. Automatische Senkgrube nach Pagliani und Rastelli. *b* metallisches Gefäß; *c, e* Notauslaß- und Ueberfallrohr; *d* Öffnung zur Kontrolle; *k* Sieb; *g* Abflaßventil; *f* Fallrohre.

schen Systems vorgeschlagen und demselben noch die Filtration in einer mit Torf gefüllten Grube (Fig. 11) zugefügt. Praktisch durch-

geführt hat er dasselbe in der Ecole de perfectionnement de l'hygiène publique in Rom mit 150 Personen und in einer Schule mit 300 Kindern seit 1891, und Vallin nahm 1891 bei der Besichtigung der Anstalten einen günstigen Eindruck mit. Gelegentlich des XI. internationalen Kongresses 1894 habe ich das Pagliani'sche Verfahren auch besichtigt und kann nur bestätigen, daß es seinen Zweck erfüllt.

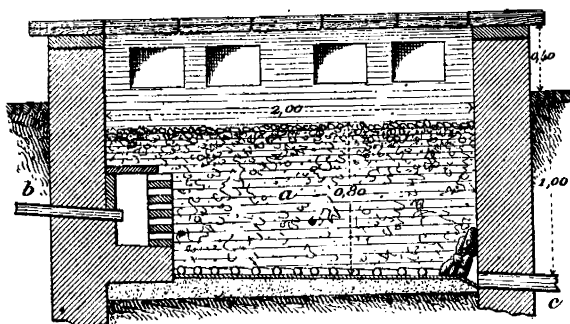


Fig. 11. Reinigungsgrube mit Torf *a* gefüllt, nach Pagliani. *b* Rohr von der Senkgrube herkommend, welches in eine Sammelgrube führt; *c* Rohr zum Abfluß der filtrierten Flüssigkeiten in den Kanal. In der nach dem Dachstuhl führenden Mauer befinden sich 4 Ventilationsöffnungen.

4. Entleerung ^{35a}.

Die Entleerung der Gruben geschieht entweder durch Handarbeit oder durch maschinellen Betrieb mittels Saug- oder Druckpumpen.

a) Entleerung durch Handarbeit mit Karre und Wagen.

In bei weitem den meisten Ortschaften geschieht die Räumung der Gruben durch manuelle Arbeit. Meistens in der Nacht kommen die Landleute der Umgegend mit ihren Leiterwagen angefahren, die mit einer mäßig dicken Schicht Stroh ausgelegt sind. Die Abtrittsgrube wird nun geöffnet und der Inhalt mit Kübeln oder Eimern ausgeschöpft und diese direkt in den auf der Straße stehenden Jauchewagen ausgeschüttet, oder, wenn der Weg von der Senkgrube zum Wagen sehr weit ist, der Inhalt zunächst in eine Schiebekarre eingeschaufelt und in dieser über den Hof, vielfach auch durch das Wohnhaus hindurch nach der Straße transportiert, umgeschüttet und wieder in den Mistwagen verladen. In dieser Weise findet auch in größeren Städten, wie z. B. in Braunschweig, in den Häusern, die sich noch nicht der Kanalisation anschließen können, die Entleerung der Abtrittsgruben statt.

Hierbei sind folgende Uebelstände in hygienischer Beziehung in Betracht zu ziehen:

- 1) Bei großen und schlecht ventilierten Abtrittsgruben kommen leicht akute Vergiftungen der Arbeiter durch Abtrittsgase (Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, Schwefelammonium und Ammoniak) vor.
- 2) Der üble Geruch bei der Entleerung belästigt die Hausbewohner.
- 3) Das Haus wird von der Grube bis zu dem Abfuhrwagen mit Jauche beschmutzt.

4) Die Straße, auf welcher der Abfuhrwagen hält und diejenigen, die er ferner passiert, leiden unter dem pestilenzialischen Geruche und werden durch die durchträufelnde Jauche verunreinigt.

Um die Vergiftungen durch Abtrittsgase³⁶ möglichst zu vermeiden, reicht es nicht aus, nur ein brennendes Licht in die Grube hinabzulassen und abzuwarten, ob so viel Sauerstoff vorhanden ist, daß dasselbe brennen bleibt, es muß vielmehr vorher eine mehrstündige kräftige Ventilation der Grube stattfinden, wie sie Pettenkofer³⁷ eindringlich fordert. Durch die von Gudden veranlaßten Untersuchungen (infolge eines Unglücksfalls in der Abtrittsgrube der Irrenanstalt Wernek) ist nach Erisman³⁸ festgestellt, daß die plötzliche Vergiftung nicht durch Mangel an Sauerstoff, sondern direkt von der giftigen Einwirkung der Kloakengase herrührt, da das in die Grube vorher hinuntergelassene Feuer weiterbrannte.

Um die Beschmutzung der Straßen durch die Abfuhrwagen zu vermeiden, ist unbedingt zu fordern, daß der Transport der Jauchemassen in dicht schließenden, undurchlässigen Wagen geschieht.

β) Entleerung durch maschinellen Betrieb.

Ein großer Teil der geschilderten Uebelstände wird beseitigt durch die sogen. geruchlose Abfuhr nach Le Sage's Prinzip, indem der flüssige Grubeninhalt durch mit Hand- oder Dampfkraft in Bewegung gesetzte Saug- oder Druckpumpen durch Rohre oder Schläuche direkt in die zur Abfuhr dienenden Fässer gepumpt wird.

Von einfachen Handpumpen sind namentlich in Gebrauch:

1) Die sogen. Priesterpumpe von Mesdagh (Pompe aspirante et foulante) mit Kautschukschläuchen, außen mit Segeltuch übernäht und mit einem konisch geformten Siebe am Ende des Schlauches, das in den Grubeninhalt eingetaucht wird, um Verstopfungen zu vermeiden³⁹.

2) Die sogen. New-Yorker Pumpe von Schiettinger mit 2 horizontal liegenden Cylindern³⁹.

Beide Handpumpen haben den Nachteil, daß häufig Verstopfungen und Betriebsstörungen durch Lumpen, Papierfetzen etc. vorkommen.

Die maschinellen Betriebe beruhen darauf, daß man einen Kesselwagen luftleer macht, durch einen Schlauch oder Rohr mit der Grube in Verbindung bringt und durch den äußeren atmosphärischen Druck die Exkremente in den Kesselwagen gelangen läßt. — Um die Verbreitung übelriechender Gase zu vermeiden, verbrennt man dieselben bei denjenigen Apparaten, die mit der Hand in Bewegung gesetzt werden, in besonderen Oefen mit glühenden Kohlen, und bei denen, die mit einer Lokomobile arbeiten, direkt unter dem Feuerraum. Um Explosion der Gase im Kesselwagen zu vermeiden, werden in die Röhre, welche diesen mit der Feuerstelle verbindet, Drahtnetze eingefügt. Letztere sollen nach Art von Davis Sicherheitslampe wirken.

In neuester Zeit ist von Hartmann⁴⁰ ein Gruben-Entleerungsapparat (Fig. 12, S. 62) erfunden und von J. Coblenzer in Köln a. Rh. ausgeführt, der „dadurch wirkt, daß zunächst in einem Behälter Gas unter genügender Expansion verpufft und das hierauf infolge Abkühlung in diesem Behälter entstehende Vakuum zum Aufsaugen der fortzuschaffenden Dickflüssigkeit nutzbar gemacht wird“.

„Das nötige Gas wird durch einen auf dem Wagen montierten Apparat selbst erzeugt, eventuell auch der Gasleitung entnommen. Der Apparat befördert ohne Geruchbelästigung die Flüssigkeiten direkt in geschlossene Transportfässer. In Fig. 12 ist *B* der Ofen, aus welchem das erzeugte Gas in den Sammler *D* und sodann in *A* eintritt, wo die Explosion stattfindet. Bei dieser öffnet sich der Deckel *C* von *A* um $\frac{1}{3}$ und schließt sich nach der Explosion durch den äußeren Luftdruck wieder. Die zu fördernde Flüssigkeit kann auch in den Behälter *A* eingesaugt und dieser zur Entleerung umgekippt werden.“

Die festen Teile, die bei der Grubenentleerung mit Maschinen am Grunde zurückbleiben, müssen mit Schaufeln etc. durch Handarbeiter entfernt werden.

Die hauptsächlich in den verschiedenen Grubenabfuhr-Städten in Gebrauch befindlichen Apparate sind nach A. Müller⁴¹ und Erisman⁴² folgende:

1) Schneitlers's Tonnenwagen für pneumatische Zwecke⁴³.

Auf einem vierrädrigen Wagen (siehe Fig. 13, S. 63) mit starkem Holzrahmen *K* befindet sich ein luftdichter Eisenblechkessel *b* mit 2 großen Absperrhähnen *i* und eine doppelwirkende Handluftpumpe, die durch Drehung der beiden mit Kurbel versehenen Schwungräder *l* in Thätigkeit

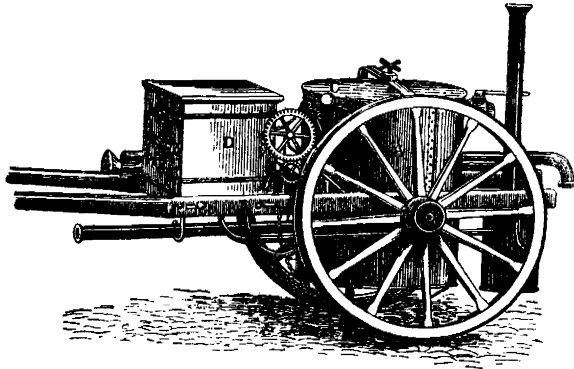


Fig. 12. Gruben-Entleerungsapparat nach Hartmann.

gesetzt wird. Auf einem anderen vierrädrigen Wagen liegt ein luftdichtes starkes Abfuhrfaß aus Holz oder Eisen von 1,5—2 cbm Inhalt. — Zum Gebrauche wird der Kessel *b* unter Benutzung des Hahnes *i* mit dem Grubeninhalt durch einen Schlauch in Verbindung gebracht, dann durch die Luftpumpe *d* luftleer gemacht und bei Oeffnung des Hahnes *i* durch Ansaugen mit den Fäkalien gefüllt. Die Rohre *n* und *o* stellen die Verbindung der Luftpumpe mit dem Kessel durch den aufgesetzten Dom *a* her, der Luftstrom von oder zu dem Kessel wird durch den Vierweghahn *e* reguliert.

Sieht man am Wasserstandszeiger *c* des Kessels die Füllung, so wird der eine (Zufluß-)Hahn *i* geschlossen und der andere (Abfluß-)Hahn *i* geöffnet, nachdem er vorher durch einen Gummispiralschlauch mit dem am hinteren Boden des Abfuhrfasses befindlichen Hahne in Verbindung gesetzt ist, während ein Gummischlauch zur Abführung der Luft von dem Dome des Fasses nach den Rohren *g* hinüberführt. Der Vierweghahn *e*

wird umgestellt, die Pumpe in Bewegung gesetzt, dadurch die Luft in den Kessel und dessen Inhalt in das Abfuhrfaß gedrückt. Diese Manipulation wird so lange wiederholt, bis das Abfuhrfaß nach Anzeige des Wasserstandszeigers gefüllt ist. Die beim Füllen des Fasses und Auspumpen des Kessels entwickelten Stinkgase werden durch einen dünnen Schlauch *f*

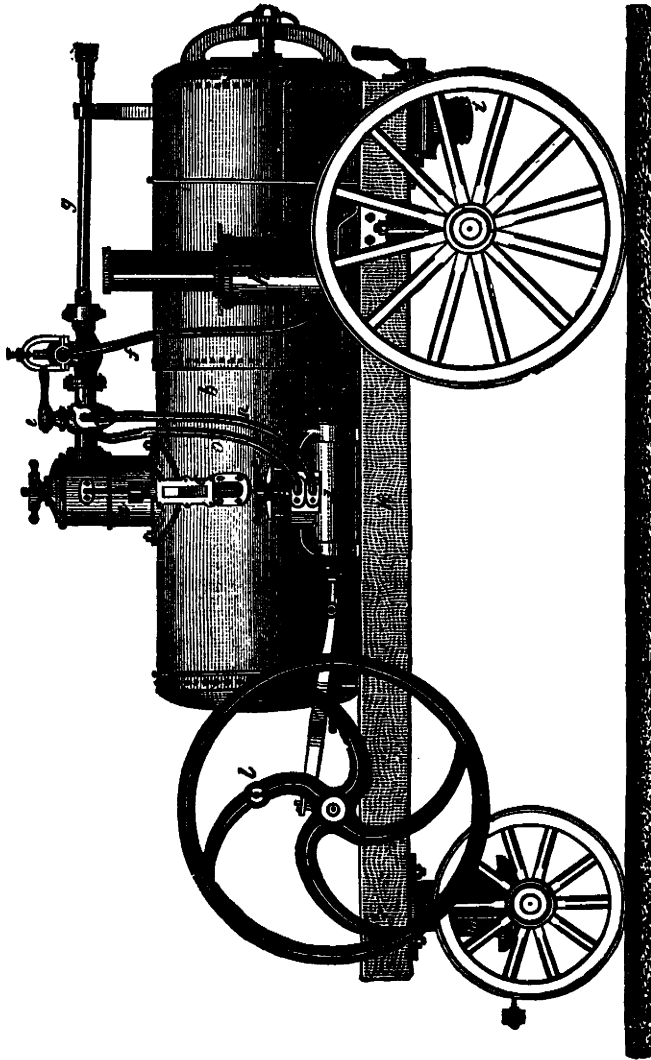


Fig. 13. Schneidler's Tonnenwagen für pneumatische Zwecke.

unter den Rost des neben dem Eisenblechkessel befindlichen kleinen Ofens *h* geleitet. In 15—20 Minuten pflegt das 1,5—2 cbm fassende Abfuhrfaß, selbst bei größeren Entfernungen der Senkgrube bis zu 30 m hin, gefüllt zu sein.

2) Klotz in Stuttgart verwendet die Ansaugetonne zugleich als

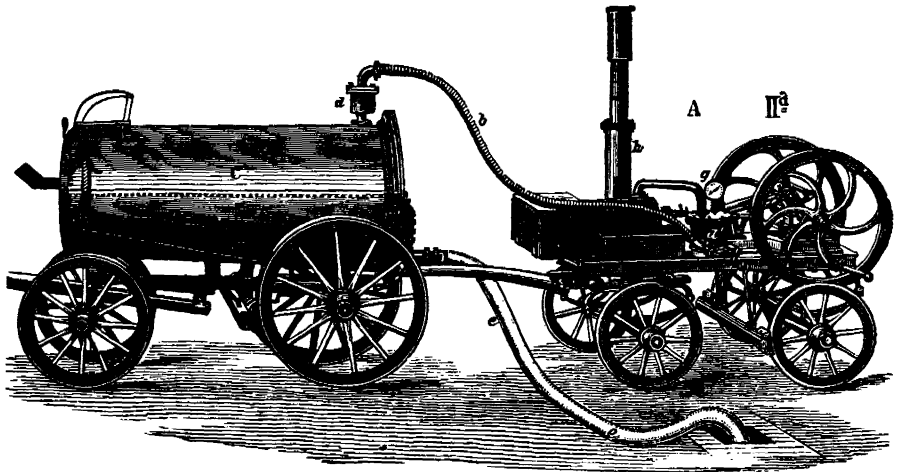


Fig. 14. Klotz's Luftpumpe für Handbetrieb und Tonnenwagen. A Wagen mit Luftpumpe *d'*, Verbrennungssofen für die Stinkgase *h* und Verbindungsschlauch *b* zum Tonnenwagen. *c* Tonne des Tonnenwagens. *d* Hahn der Tonne. *e* Gummispiralschlauch zur Abtrittsgrube.

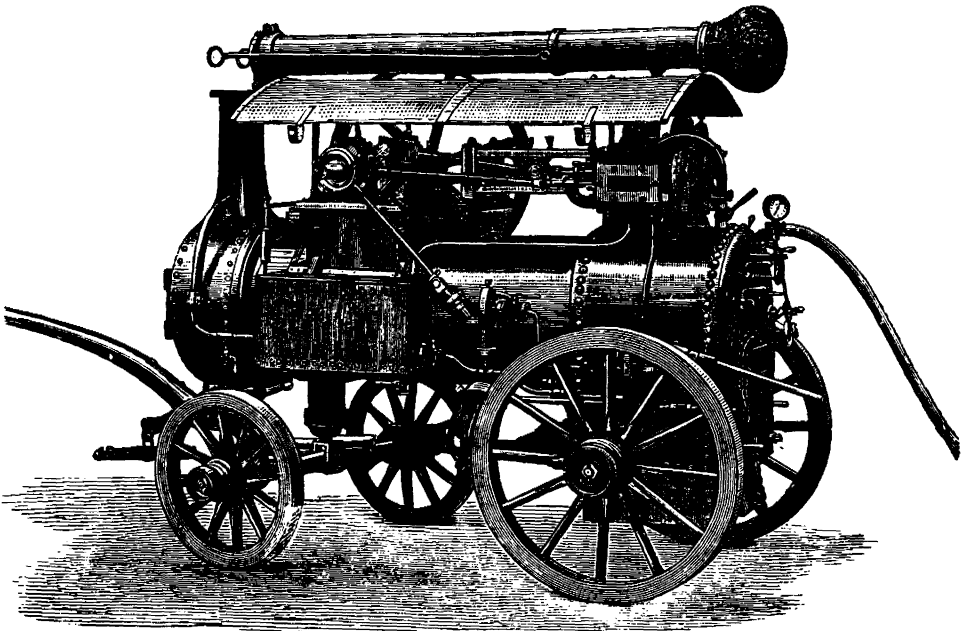


Fig. 15. Klotz's fahrbarer Dampfkessel mit Dampfstrahlpumpe.

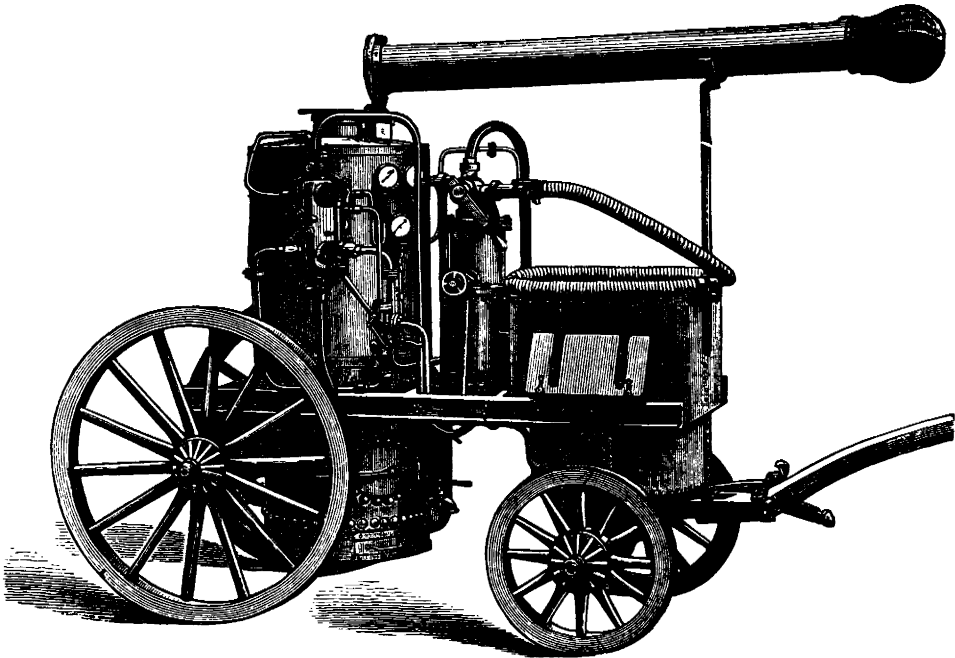


Fig. 16. Klotz's fahrbarer Dampfkessel mit Kolbenluftpumpe.

Transporttonne und stellt die Luftpumpen teils für Handbetrieb (Fig. 14), teils für Dampfbetrieb her, sowohl mit Dampfstrahlpumpe (Fig. 15), wie mit Kolbenluftpumpe (Fig. 16).

Näheres hierüber geben Sautter und Dobel⁴⁴ und A. Müller⁴⁵ mit zahlreichen demonstrierenden Abbildungen. Ist eine Hochwasserdruckleitung vorhanden, so kann man das Vacuum durch eine kleine Körting'sche Wasserstrahlpumpe erzeugen.

3) Talard sowohl als Philippot und Keller lassen die Luftleere in dem Fasse durch einen Dampfstrahlapparat herstellen.

Die Klotz'schen Maschinen arbeiten in Stuttgart, die von Talard in Paris, Reims, Metz, Straßburg u. s. w., und die von Philippot und Keller in Straßburg.

Die Räumungen der Gruben dürfen nur bei Tage stattfinden, da hierbei eine größere Reinlichkeit zu erreichen ist. Wichtig ist es, daß die Grubenentleerungen nicht durch den einzelnen Hausbesitzer, sondern durch die städtische Latrinenverwaltung bez. den Unternehmer, der auf Veranlassung derselben die Räumung übernommen hat, in ganz bestimmten Zeiträumen ausgeführt werden.

Aehnliche Apparate sind noch mehrfach konstruiert, u. a. von der Firma Fischer & Co. in Heidelberg, beschrieben und abgebildet in der unter Tonnensystem^{5c} angeführten Broschüre.

Eine besondere Entleerung der Gruben schlägt das Breyer'sche Gashochdrucksystem vor.

In ähnlicher Weise wie Shone (siehe das später zu beschreibende Shone'sche Separatsystem) läßt Breyer nach König⁴⁵ die Klosette

entleeren. Durch eine lokomobile Maschine, die komprimierte Luft erzeugt, wird alle 24 Stunden in jedem Hause eine Entleerung der Klosette vorgenommen. „Der Klosettinhalt wird in einen an der lokomobilen Maschine befestigten Filtrierkessel gepreßt, in welchem durch sehr feine Siebe eine Trennung des flüssigen und des festen und schlammigen Anteils stattfindet. Der flüssige Anteil geht in die Straßenröhren und müßte nun noch weiter durch Berieselung oder sonstwie unschädlich gemacht werden, der feste, schlammige Teil wird durch Auflassen heißer Luft getrocknet, gepreßt und in einen unter der Maschine befindlichen Kessel fallen gelassen. Die Ziegel sollen pro Kopf und Jahr ergeben: 2,6 kg Stickstoff, 0,40 kg Phosphorsäure und 0,07 kg Kali.“

Hygienisch, landwirtschaftlich und finanziell ist dies Verfahren nicht zu empfehlen. Die besten und zugleich hygienisch wichtigsten Teile der Exkremeute gehen unbenutzt fort, die Dungstoffe darin müssen ausgenutzt, die pathogenen Keime zerstört werden. In den Ueberresten der festen Bestandteile ist ähnlich wie bei den Petri'schen Fäkalsteinen sehr wenig Dungwert enthalten. Das ganze Verfahren wird durch den maschinellen Betrieb sehr teuer werden.

Näheres darüber siehe Litteraturverzeichnis No. 45b und 45c.

Der Weiterverbleib der Fäkalien kann sich in verschiedener Weise regeln.

Dieselben werden: 1) direkt an die Landwirte verkauft;

2) in Sammelbassins vor die Stadt befördert und dort verkauft oder zu Poudrette verarbeitet;

3) direkt nach der Eisenbahn gefahren, dort aus den Abfuhrfässern entweder von einer erhöhten Rampe ab in die Eisenbahnwagen abgelassen, oder in luftleer gemachte Behälter mittels Schlauch entleert — und dann nach auswärts zum weiteren landwirtschaftlichen Gebrauche transportiert. Letzteres ist z. B. in Stuttgart der Fall;

4) an den nächsten Fluß oder Kanal gefahren, in Böte gebracht und per Wasser den Landwirten zugeführt;

5) als gänzlich unverkäuflich in den nächsten Flußlauf geschüttet.

Ueber die praktische Durchführung des Grubensystems und die Kosten, die dasselbe den Kommunen macht, geben nachfolgende, meistens den neuesten Verwaltungsberichten der betreffenden Städte entnommene Notizen Auskunft:

1. Mülhausen i./E.

In Mülhausen i./E. wird nach Ed. Thierry-Mieg⁴⁶ und Kestner⁴⁷ der Abtrittsgrubeninhalt nach dem Prinzipie von Lesage mittels einer Saug- und Druckpumpe durch Armkraft in eine hermetisch geschlossene Tonne befördert und die entweichenden Stinkgase in einem neben der Tonne stehenden Herde verbrannt. Hierbei gehen natürlich nur die flüssigen Teile fort, die festen müssen durch Arbeiter mit Eimern ausgeschöpft werden. Um auch diese Operation ohne Geruch und bei Tage vornehmen zu lassen, hat Lesage ein Zelt konstruiert, das über die Oeffnung der Grube gestellt wird. Dieses enthält in seiner Spitze eine Lampe, deren Flamme die beim Füllen der Fässer entstehenden Stinkgase zerstört.

2. Stuttgart.

Die Stuttgarter Latrinen-Entleerungsanstalt führte im Jahre 1888⁴⁸ ca. 65 000 cbm Fäkalien ab, und zwar ca. 18 000 cbm direkt aufs Feld,

ca. 40 700 cbm mit der Eisenbahn nach 79 verschiedenen Stationen und ca. 6400 cbm in die städtischen Sammelgruben.

Nach der Analyse enthielt der Fäkaldünger in 1 cbm 4,26 kg Stickstoff, 1,82 kg Phosphorsäure und 1,69 Kali.

Die Anstalt erhielt für 1 cbm entleerter Fäkalien 3,70 Pf. Im Verkauf stellte sich der Dünger zu 2—10 M. pro 1,3 cbm, der Dünger aus den Sammelgruben zu 2—3 M. pro 1 cbm. Die Gesamteinnahmen betrugen 408 000 M., die Ausgaben ca. 298 000 M.

Während die Berichte von Sautter und Dobel⁴⁴ sich im ganzen günstig über das Stuttgarter Abfuhrsystem aussprechen, finden wir in der Besprechung einer Arbeit von A. Lauber⁴⁹ eine sehr ungünstige Schilderung der Stuttgarter Zustände.

3. Posen.

Die Stadt Posen⁵⁹ hat Grubensystem mit sogenannter geruchloser Reinigung durch Aussaugen der Exkremente mittels Maschinen. Der bei weitem größere Teil der Abortgruben ist jetzt vorschriftsmäßig mit oder ohne Saugrohrleitung hergestellt. Im Berichtsjahre 1891/92 waren auf eine in Betracht kommende Einwohnerzahl von ungefähr 61 900 Personen vorhanden 1307 Abortgruben, davon vorschriftsmäßig hergestellt 1253 oder 95,87 Proz. Es fanden überhaupt statt 3691 Grubenräumungen, es wurden überhaupt gefördert 20 616,3 cbm Fäkalien. Auf den Kopf der Bevölkerung entfielen daher 0,333 cbm Fäkalien, die 0,704 M. Abfuhrgebühren kosteten. — Fäkalien wurden verkauft im ganzen im Berichtsjahr 19 766,6 cbm für 38 498,61 M.

4. Chemnitz.

In Chemnitz⁵¹ besitzt die „Dünger-Abfuhr-Gesellschaft“ mit einem Aktien-Kapitale von 500 000 M. einen geräumigen Wirtschaftshof, vier Sammelgruben sowie eine Eisenbahnverladestelle und verfügt über ein entsprechendes Betriebsinventar an Pferden, Dampfmaschinen, Wagen u. s. w. Die Fäkalien werden teils direkt, teils von den Sammelgruben, teils vom Eisenbahntransport aus der Landwirtschaft der näheren und weiteren Umgegend zugeführt. Um den Geschäftsbetrieb noch vorteilhafter zu gestalten, ist die Anlegung einer 5. Sammelgrube, auch die Vermehrung des lebenden und toten Inventars, sowie die Erhöhung des Aktienkapitals auf 600 000 M. beschlossen.

„Die bisherige Ausführung des Dünger-Abfuhr-Regulativs ist im allgemeinen zufriedenstellend gewesen“, heißt es am Schlusse des amtlichen Berichtes.

Außerdem besitzt Chemnitz ein Kanalsystem für Ableitung der Haus- und Meteorwässer.

Ehe man sich zu dem jetzigen Grubenentleerungssystem entschloß, beriet man seit 1884 in einem besonderen Ausschusse die übrigen Möglichkeiten der Städtereinigung; das Schwemmsystem war nicht möglich, da die nötige Wassermenge fehlt, vom Liernur-System mußte abgesehen werden, da es in seiner Anlage zu kostspielig ist und seine Durchführbarkeit für eine ganze Stadt praktisch noch nicht erwiesen ist; das Tonnensystem endlich wurde deshalb nicht gewählt, weil es wohl für kleine Häuser, aber nicht für stark bevölkerte Gebäude, arbeiterreiche Fabriken, frequente Wirtschaften u. s. w. geeignet erschien.

Spezielle Angaben über die Masse der aus Chemnitz hinaus beförderten Exkremente sind bereits in der Einleitung (Seite 16) gemacht.

5. Straßburg i.E.

Straßburg i.E. ging nach dem Berichte von Oursin⁵² im Jahre 1877 von dem System Lesage zu dem System Talard mit durch Lokomobilen getriebenen Saug- und Druckpumpen über und konzessionierte später noch ein anderes System mit Dampfstrahlpumpen. 1885 waren 2 Gesellschaften von der Stadt zur Entleerung der Senkgruben zugelassen. Unverdünnten Grubeninhalt müssen die Unternehmer unentgeltlich abführen, geht aber durch Wasserklosetts Wasser in die Grube hinein, so müssen die Hausbesitzer für 1 Tonne (= 2 $\frac{1}{2}$ cbm) 4—5 M. zahlen. Mit einem Densimeter wird die Menge des in die Grube gelangenden Wassers bestimmt. Das spezifische Gewicht des ungewässerten Grubeninhalts beträgt durchschnittlich 1,035. Nach Ansicht der Unternehmer ist derselbe nur verwendbar bis zu einem spezifischen Gewichte von 1,02—1,015 hinab. Die Unternehmer lösten bis 1885 durchschnittlich 300 000—400 000 M. aus den Fäkalstoffen, von 1879/80 bis 1884/85 wurden durchschnittlich jährlich 51 309 cbm Fäkalstoffe aus der Stadt gefahren, die versteuert wurden. Die allzu verwässerten Fässer, im Mittel 3830 cbm Inhalt, wurden entweder in den Rhein gegossen oder direkt auf Aecker gefahren. Nach Pettenkofer's Zahlen würden auf die Einwohner Straßburgs (83 700) nur jährlich 37 113 cbm Exkremente kommen, sodaß also 18 026 cbm Wasser mit denselben zu gleicher Zeit aus der Stadt gefahren wurden.

Der Inhalt der Fässer wird, soweit er nicht direkt aufs Land oder in den Rhein gegossen wird, in großen, vor der Stadt gelegenen, ausgemauerten und gedeckten Vorratsgruben aufbewahrt und von da durch die Landleute geholt. 1885 existierten im ganzen 8 solche Vorratsgruben mit zusammen 22 000 cbm Vorratsraum.

Der feste Rückstand in den Gruben muß von Zeit zu Zeit nach vorheriger Lüftung und Desinfektion durch mit Respirator geschützte Arbeiter bei Nacht mit Schaufeln in dichte Fässer oder Kübel entleert werden.

Jetzt hat Straßburg i. E. offenbar die Absicht, zur Schwemmkanalisation überzugehen.

6. Dresden.

Dresden⁵³ hatte Ende des Jahres 1891 (einschließlich Albertsstadt und Loschwitz) in 8222 Grundstücken 10 224 Abortanlagen (8984 gewöhnliche Abortanlagen, 699 Klosettanlagen mit und 74 Klosettanlagen ohne Abfluß in die Schleußen, 467 Latrinenanlagen), 151 Stalljauchen und 65 Senkgruben.

Von den in 3 Räumungsklassen eingeteilten mit Gruben versehenen Anlagen sind 9967, zum Teil wiederholt, 8161 vollständig und 71 teilweise von der Dünger-Exportgesellschaft entleert worden, während 1431 unberührt blieben und 304 im Laufe des Jahres durch Neubau entstanden.

Alle Gruben, die in der Zeit vom 15. April bis 15. September vollständig entleert wurden, unterwarf man einer Desinfektion.

Ausgefahren wurden 1891

	zweispännige Fahren	cbm	gegen das Vorjahr
flüssige Massen	46 628	80 382,00	+ 18 845,10
feste Massen	3 109	4 969,40	— 11 282,70
Stoffe aus Latrinenanlagen	3 133	2 047,25	+ 268,25
zusammen 1891	52 870	87 398,65	+ 7 830,65
dagegen 1890	52 430	79 568,00	+ 3 888,10

Die Zahl der genehmigten Klosettanlagen betrug 813. Von diesen waren 101 ohne und 712 mit Ableitung in die öffentlichen Schleusen. Bei den letztgedachten Anlagen waren 679 mit Desinfektions-, 18 mit Klärgruben, 1 mit Tonne verbunden, während 14 ohne Gruben waren.

7. Leipzig.

In Leipzig⁵⁴ wurden die Abortgruben nach dem Regulativ, den Düngerelexport betreffend, von 2 Abfuhrgesellschaften entleert, der „Leipziger Dünger-Export-Aktiengesellschaft“ und der „Oekonomie“.

Von beiden Gesellschaften wurden geräumt

1889 in Alt-Leipzig	12 210	Gruben mit	54 499	cbm Maase
im IV. Q. in Neu-Leipzig	548	„ „	2 311	„ „
1890 in Alt- und Neu-Leipzig	16 641	„ „	74 219	„ „
im Jahre 1891 in Alt- und Neu-Leipzig	20 144	„ „	96 568,5	„ „

Nach der Zählung vom 1. Dez. 1890 hatte Leipzig 357 122 Einwohner, sodaß auf jeden Einwohner durchschnittlich ca. $\frac{1}{5}$ cbm Grubenhalt pro Jahr entfallen, der aus den Senkgruben entfernt wurde.

Was man nicht direkt auf die Felder oder per Eisenbahn weggeführt, wird in 9 Sammelgruben, die gleichzeitig 13 600 cbm Dünger fassen können, magaziniert. Außerdem bestehen zahlreiche Wasserklosetts, die ihren Inhalt nach den städtischen Schleusen abführen können, nachdem derselbe in besonderen Grubenanlagen geklärt und desinfiziert ist (8 verschiedene, im Prinzip ähnliche Systeme sind im Gebrauch!). 1890 waren noch 1773 solcher Klärgruben vorhanden.

Wie verlautet, will Leipzig jetzt seine Abwässer nach dem 30 Kilometer entfernten Rieselfelde bei Eilenburg schaffen.

Unser Gesamturteil über das Grubensystem muß dahin lauten,

daß dasselbe, wenn es den angegebenen Bedingungen in der Ausführung entspricht, hygienisch zulässig ist. Eine Infektion durch die Luft ist fast ausgeschlossen, in dem Grubenhalt selbst gehen die pathogenen Mikroorganismen bald zu Grunde, üble Gerüche lassen sich vermeiden, Verunreinigungen des Bodens und Grundwassers ebenso. Wenn aber keine gehörige Ventilation der Gruben stattfindet und deren Gestank in die Wohnungen dringt, wenn die Gruben durchlässig sind und Boden und Wasser der Umgebung infizieren, wenn die Entleerung in einer das Haus und die Straße beschmutzenden Weise vorgenommen wird, wie das auf dem Lande und in kleineren Städten noch sehr häufig geschieht, dann ist das Grubensystem hygienisch gänzlich unzulässig. Die Trennungssysteme und mechanischen Desodorisationssysteme (wie Goldner, Thiriart etc.) haben geringe hygienische Bedeutung. — Die finanziellen Vorteile des Grubensystemes sind nur scheinbare, da jede mit einem Abfuhrsysteme versehene Stadt noch besonders für Ableitung der hygienisch ganz besonders wichtigen Hauswässer sorgen muß.

1) *Handbuch der Architektur*, 3. T. 5. Bd. 153 u. ff., 195 u. ff., 337 u. ff.

1a) Lommer, in *Horn's V. f. ger. Med. N. F.* 7. Bd. 8.

2) Fr. von Gruber u. M. Gruber, *Anhaltspunkte für die Verfassung neuer Bauordnungen*, Wien 1893, 77.

3) M. von Pettenkofer, *Vorträge über Kanalisation und Abfuhr* (1876), 3. Vortrag.

4) Roth u. Lex, *Handbuch der Militärgesundheitspflege*, Berlin 1872, 1. Bd. 452.

5) C. Flügge, *Grundrißs der Hygiene*, Leipzig 1889, 414.

- 6) E. Heiden, *Die menschlichen Exkremente in nationalökonomischer, hygienischer, finanzieller und landwirtschaftlicher Beziehung*, Hannover 1882, 61.
- 7) H. Grouven, *Kanalisation oder Abfuhr*, Glogau 1867.
- 8) *Viertelj. f. öff. Gesd. (1881) 13. Bd. 572.*
- 9) O. Hausmann, *Untersuchungen über die Wirkungen des Süvern'schen Desinfektionsmittels, angestellt im Pathologischen Institute zu Berlin*, Virchow's A. f. p. Anat. (1889) 48. Bd. 339—344.
- 10) *Ämtliches Gutachten des Sanitätsrats Dr. Delbrück, Prof. in Halle a/S., über die Süvern'sche Desinfektionsmethode*, Braunschweig 1868.
- 11) Hüllmann, *Das Abortdesinfektionssystem des Herrn Max Friedrich in Plagwitz*, V. f. d. G. (1880) 12. Bd. 112.
- 12) E. Heiden, a. a. O. (5) 81.
- 13) *Annales d'hyg. publ. et de la méd. leg.* (1880) 53.
- 14) J. Kaftan, *Die systematische Reinigung und Entwässerung der Städte*, Wien 1880, 47.
- 15) J. Kaftan, a. a. O. 48.
- 15a) *Zeitschrift für Bauwesen* (1864) 524.
- 16) Cameron, *Manual of hygiene and compendium of sanitary laws* (1874) 209.
- 17) Parkes, *A manual of practical hygiene*, 3. Aufl. London 1869, 351.
- 18) Parkes, a. a. O. 353.
- 19) Cameron, a. a. O. 226.
- 20) Roth u. Lex, a. a. O. 1. Bd. 454.
- 21) Diponchel, *Ann. d'hyg. publ.* (1858) 356.
- 22) Wustandt, *Ueber zweckmäßige Abtrittsanlagen für Militär-lazarette*, Pr. militärärztl. Zeit. (1860) No. 22, 245—250.
- 23) Roth u. Lex, a. a. O. 1. Bd. 455.
- 24) V. f. d. G. 17. Bd. Suppl. 83.
- 25) Nach Virchow-Hirsch's Jahresbericht (1883) 582, in *Annales d'hyg.* (1883) 518 und *Rev. d'hyg.* (1883) 388.
- 26) Eugen Schleh, *Fäkalreservoir mit Absorptionsvorrichtung und fester Entleerungsleitung*, Deutsches Reichspatent No. 4506; Schleh'sches Verfahren bei Wiel und Gnehm, *Handbuch der Hygiene* (1880) 497. Siehe auch *Handbuch der Architektur* 3. T. 5. Bd. 351.
- 27) Ewich, *Ueber Fäkalreservoir von E. Schleh*, in *Verh. d. intern. V. g. Verunreinig. d. Fl. u. s. w. III. Vers. Baden-Baden 1879*, Frankfurt a. M. (1881) 63.
- 28) Birnbaum u. Baumeister, *Die Goldner'sche Abtrittserfindung*, V. f. d. G. (1883) 1. Heft 67; Laborde, *Latrines système Goldner*, *Annales d'hyg.* (1883) 43.
- 29) V. f. d. G. 16. Bd. Suppl. 79.
- 30) *Gesundheitsingenieur* (1883) Beil. zu No. 18, 139.
- 31) Uffelmann, *Handbuch der Hygiene* (1890) 419.
- 32) Götel, *Das Latrinensystem von Mouras*, in *Arch. f. d. G. in Elsaß-Lothringen* (1884) 9. Bd. 166.
- 33) E. Mauriac, *Les logements insalubres à Bordeaux et les vidangeuses automatiques employées comme moyen d'assainissement*. (Congrès d'hygiène de Paris de 1889, p. 340) et *Rapport du Conseil d'hyg. de la Gironde*, Bordeaux 1891.
- 34) Pagliani, *Applicazione di una vaschetta a chiusura idraulica sul tipo delle fosse Mouras et di un filtro a torba per le acque luride nel sistema di fognatura separata tubolare*, Roma 1891, *Laboratori scientifici della Direzione di sanità, Ministero dell' Interno*; auch veröffentlicht in *Rivista d'igiene e sanità publica*, No. 19, Oct. 1891, p. 705; V. f. d. G. 24. Bd. 288.
- 35) E. Vallin, „*Sur quelques perfectionnements des vidangeuses automatiques*“, *Rev. d'hyg. et de la pol. san.* (1892) 328 ff.
- 35a) *Handbuch der Architektur* 3. T. 5. Bd. 354.
- 35b) L. Pagliani et A. Bastelli, *Progetto di risanamento della città di Torino*, Torino 1884.
- 36) Näheres darüber siehe: Parent-Duchâtelet, *Hygiène publique*, 1. Bd. 373, 401 u. ff.; Kraus u. Fichler, *Encyklop. Handwörterb. der Staatsarzneik.* (1872) 1. Bd. 199 u. ff.; Eulenberg, *Handb. der Gewerbehyg.* (1876) 237; Hirt, *Gewerbekrankh.*; v. Ziemssen, *Handb. der spez. Path. u. Ther.* 1. Bd.
- 37) v. Pettenkofer, *Vorträge über Kanalisation und Abfuhr*, 8. Vortrag.
- 38) Erisman, *Entfernung der Abfallstoffe in v. Ziemssen, Handb. d. Hyg. u. Gewerbekrankh.* 2. Bd. 1. T. 1. Hälfte, 118, Anm. 8.
- 39) Salviati, Roeder u. Eichhorn, *Die Abfuhr und Verwertung der Dungstoffe* (1865).
- 40) *Gesundheitsingenieur* (1891) 613.
- 41) Heiden, Müller u. v. Langedorff, *Die Verwertung der städtischen Fäkalien* (1885) 32 ff.
- 42) Erisman, *Entfernung der Abfallstoffe*, a. a. O. 119.
- 43) C. Schneitler, *Die geregelte Abfuhr der Fäkalstoffe in größeren und mittleren Städten* (1880).

- 44) A. Sautter u. E. Dobel, *Die Abfuhr und Verwertung der Fäkalstoffe in Stuttgart* (1880).
- 45) Heiden, Müller u. v. Langsdorff, *a. a. O.* 32 f.
- 45a) J. König, *Die Verunreinigung der Gewässer* (1887) 204.
- 45b) *Deutsche Bauzeitung*, No. 98, *Abhandlung von Knauff*.
- 45c) Müller, Heiden und von Langsdorff, *Die Verwertung der städtischen Fäkalien*, S. 143.
- 46) Ed. Thierry-Mieg, *Deux expériences de vidanges, Note présentée à la Société industrielle de Mulhouse, dans la séance du 30. Déc. 1878, Mulhouse 1879*.
- 47) Kestner, *Die Entleerung der Abtrittsgruben in Mülhausen*, *Arch. f. ö. G. in Elsaß-Lothringen* (1881) 7. Bd. 104.
- 48) *Gesundheit*, (1890) 193.
- 49) *V. f. ö. G.* (1875) 7. Bd. 326.
- 50) *Bericht über die Verwaltung und den Stand der Gemeindeangelegenheiten in der Stadt Posen für das Jahr vom 1./4. 1892—31./3. 1892*, 93 ff.
- 51) *Verwaltungsberichte der Stadt Chemnitz*.
- 52) *Arch. f. ö. G. in Elsaß-Lothringen* 10. Bd. 235.
- 53) *Verwaltungsbericht der Haupt- und Residenzstadt Dresden pro 1891*, 40.
- 54) *Verwaltungsbericht der Stadt Leipzig für 1889, 487, u. Verwaltungsber. f. 1890, 609*.

B. Tonnen- (Kübel-, Eimer-, Kasten-)System.

(„Fosses mobiles“ der Franzosen, „pail system“ der Engländer.)

Das Tonnensystem¹ besteht darin, daß die Exkrementen aus dem Fallrohre in bewegliche Behälter gelangen und möglichst häufig aus diesen oberirdisch entleert werden.

Das Prinzip dieser Exkrementenabfuhr ist schon über 100 Jahre alt, indem Giraud und Gérard dasselbe 1786 unter dem Namen der „fosses mobiles“ empfahlen. In Paris hat es früher allgemeine Anwendung gefunden, wurde dann nach v. Kerschensteiner² 1804 von Frankenau in Kopenhagen angeraten und verbreitete sich weiter in vielen anderen Städten civilisierter Staaten.

Die Tonnensysteme zerfallen in solche ohne und solche mit Einrichtungen zur Desodoration oder Desinfektion.

Zunächst wollen wir betrachten

1. Das Tonnensystem ohne Einrichtungen zur Desodoration oder Desinfektion.

Die Tonnen müssen folgenden hygienischen Anforderungen entsprechen:

- 1) angemessene Größe und vollständige Undurchlässigkeit;
- 2) möglichst dichter Anschluß der Tonnen an das Abfallrohr;
- 3) permanente Ventilation der Abtritte und des Fallrohrs;
- 4) regelmäßige, möglichst häufige Abfuhr und Auswechselung der Tonnen;
- 5) hermetischer Verschluß der Tonnen während der Abfuhr;
- 6) Herstellung einer vor Frost und Sonnenhitze geschützten Tonnenkammer von genügender Größe, mit undurchlässigem Boden. Dieselbe darf nur von außen zugänglich sein;
- 7) unbedingte gründliche Reinigung und vollständige Desinfektion der entleerten Tonnen vor Neuaufrichtung;
- 8) wenn möglich, Vermeidung von Fäkaliendepots durch Einrichtung von Poudrettefabriken etc. oder Vorsorge für regelmäßige rechtzeitige direkte Abnahme durch Landwirte.

Die Form der Tonne ist entweder eine faßförmige oder cylindrische. Sie hat am besten 90—110 l Inhalt, einen Durchmesser von 40—45 cm und eine Höhe von 80—90 cm. Die kleineren Tonnen sind tragbar und

müssen öfter entleert und gewechselt werden. Sie sind den größeren Tonnen (z. B. in Paris 100—300 l, in Augsburg 150—300 l, in Graz 120—280 l) vorzuziehen, welche längere Zeit im Hause verweilen. Fässer von 2—3 cbm Inhalt mit mehreren Einmündungsröhren müssen gefahren werden und werden am besten aus Eisen hergestellt und auf einer Fahrrad-Lafette aufgestellt. Für die tragbaren Tonnen müssen beiderseits Handgriffe angebracht werden, durch welche Tragstangen hindurchgeschoben werden können.

Oben im Deckel befindet sich eine Oeffnung, in welche das Fallrohr des Abtritts genau hineinpaßt.

An Material kann man zur Herstellung der Tonnen harzreiches Holz oder mit Oel gestrichenes Eichenholz oder heißgeteertes oder verzinn- oder verzinktes Eisenblech verwenden. Petroleumfässer eignen sich recht gut, jedenfalls müssen die Holztonnen mit stark verzinn- oder geteerten Eisenreifen beschlagen sein.

Was die Anzahl der erforderlichen Tonnen anbetrifft, so müssen mindestens so viel Tonnen vorhanden sein, daß beim Wechsel die gefüllten Tonnen immer sofort durch leere ersetzt werden können.

Die Ventilation der Tonnen wird am besten in der Weise vorgenommen, daß das Fallrohr ohne Verjüngung bis über das Dach hinaus verlängert wird. Der obere Teil desselben wird entweder an einen in Betrieb befindlichen warmen Schornstein angelegt oder durch eine besondere Wärmequelle (Gasflamme etc.) erwärmt und an seinem oberen Ende mit einer Saugklappe versehen. Bei dieser Anordnung strömt die Luft aus der Wohnung durch das Brillenloch ins Fallrohr und durch dasselbe in die äußere Atmosphäre. — Man kann auch durch eine siphonartige Vorrichtung im Fallrohre unmittelbar über der Tonne das Einströmen der Tonnengase in die Wohnung verhindern, namentlich, wenn nicht Kot, sondern Wasser, das zur Nachspülung verwendet wird, den Abschluß im Siphon bildet. Dieses hat aber wieder den Nachteil, daß viel Flüssigkeit in die Tonnen gelangt und diese entweder sehr groß sein oder sehr oft geräumt werden müssen.

Von großer hygienischer Bedeutung ist die Aufstellung, der Wechsel und die Abfuhr der Tonnen. — Der Tonnenraum soll möglichst nur von außen zugänglich sein, damit der Transport der Tonnen nicht durch die Wohnung stattfinden kann. Um die Tonnen bequem entleeren zu können, ist es höchst wünschenswert, wenn sie im Niveau des umgebenden Terrains stehen. — Vgl. aber S. 75 und Fig. 22.

Da ein Einfrieren der Tonnen zu unangenehmen Störungen führen kann, muß in Gegenden, die starke Winterfröste befürchten lassen, der Tonnenraum mit mindestens $1\frac{1}{2}$ Steinen dicken Mauern umschlossen sein. Bisweilen empfiehlt es sich, auch im Tonnenraume Oefen aufzustellen. Der Boden des Tonnenraumes ist undurchlässig mit geglättetem Portlandcement oder Asphalt herzustellen, damit er gründlich gereinigt werden kann. Die Tonnen sind so zu stellen, daß das Fallrohr senkrecht in sie hinein mündet. Die Auswechselung der Tonnen darf nur bei zutretendem Tageslicht stattfinden, alle Licht- und Zugangsöffnungen müssen sonst dicht verschlossen werden können, ähnlich wie bei dem Deckel einer Abtrittsgrube, um den Eintritt der Luft von außen abzuhalten und im Sommer durch Sonnenstrahlen eine zu starke Erwärmung, im Winter eine zu starke Abkühlung zu verhindern.

Der Wechsel der Tonnen muß so zeitig vorgenommen werden, daß

ein Ueberlaufen des Inhalts in den Tonnenraum nicht stattfindet. Für den Fall, daß unvorhergesehener Weise dennoch ein Ueberlaufen vorkommen könnte, sind in manchen Städten Ueberlaufsröhren angebracht, die in eine vorgestellte Tonne oder Eimer führen. Außerdem ist es wünschenswert, daß für alle Fälle sich in dem Tonnenraume außerdem noch eine Reservetonne befindet.

Beschmutzungen beim eventuellen Ueberlaufen und beim Transport der Tonnen aus dem Tonnenraume heraus müssen mit der größten Sorgfalt sofort beseitigt werden.

Die Auswechslung und die Abfuhr der Tonnen darf nicht dem einzelnen Hausbesitzer bezw. dem Landwirte überlassen bleiben, der den Tonneninhalt zum Düngen benutzen will; es ist unbedingt zu fordern, daß die Gemeindebehörde selbst dieselbe leitet oder einen größeren Unternehmer unter ihrer Aufsicht damit beauftragt. Von diesem werden dann nach der Größe der Tonnen und der Anzahl der Personen, welche die hineinführenden Abtritte benutzen, die Termine zur Auswechslung der Tonnen festgesetzt. Diese müssen eingehalten werden, auch wenn die Tonnen noch nicht vollständig gefüllt sind.

Als Transportmittel sind am besten Wagen mit offenen Seitenwänden, die der Größe der Tonnen anzupassen sind und, ohne das Anstandsgefühl des Publikums zu verletzen, auf der Straße verkehren können.

Als Zeit der Auswechslung eignet sich am besten der frühe Morgen.

In kleineren Städten und im Sommer wird es möglich sein, den Tonneninhalt direkt zu Düngerzwecken auf die Felder zu bringen, in größeren Städten und im Winter muß notwendig eine Ansammlung der Fäkalien stattfinden, wenn man nicht eine sofortige Verarbeitung derselben zu Poudrette vornimmt. Ist diese nicht angängig, so bleibt nichts weiter übrig, als große Reservoirs außerhalb der Stadt, weit entfernt von menschlichen Wohnungen zu erbauen. Die Zahl und Größe derselben hängt von den Lokalverhältnissen ab. Immer werden derartige Fäkaldepots schreiende Uebelstände leicht herbeiführen. Daher sind sie, wie schon oben gesagt, möglichst zu vermeiden.

Der Absatz der Fäkalien aus den Depots hat oft seine Schwierigkeiten. Reichen die Depots zur weiteren Aufnahme von Exkrementen nicht aus, so bleibt nichts weiter übrig, als die mühsam für die Landwirtschaft gesammelten Vorräte in den nächsten Wasserlauf zu schütten, wie es z. B. nach Schauenstein³ in Graz vorkommt.

Unbedingt zu verlangen ist, daß jede Tonne nach der Entleerung an Ort und Stelle gründlich gereinigt und desinfiziert wird.

Den besten Ruf hat sich das Heidelberger Tonnensystem erworben⁴.

Nachdem dasselbe zuerst versuchsweise und freiwillig von einigen Hausbesitzern angewandt war, wurde es durch Statut vom 21. März 1876 für Neubauten und größere Umbauten in Heidelberg obligatorisch eingeführt und ist jetzt wohl für den größeren Teil der Stadt in Betrieb.

Die Abtrittstonnen (Fig. 17, S. 74) bestehen entweder aus starken Eisenblechcylindern von 80 cm Höhe und 46 cm Durchmesser oder innen und außen gefirnissten Petroleumfässern. Neben jeder Tonne steht ein kleiner Eimer (Fig. 18, S. 74), über dem ein Rohr mündet, das an den oberen Rand der Tonne angeschraubt und durch ein Sieb gegen diese abgeschlossen ist. Bei unvorhergesehener Ueberfüllung der Tonne läuft

die Jauche in den Eimer. In größeren Häusern finden sich auch 2 durch Ueberlaufrohr verbundene zusammengekoppelte Tonnen. Die Einlaßöffnung der Tonne liegt am Rande des Deckels, ist mit einem doppelten gußeisernen Ringe umgeben, in den der Siphon des Fall-



Fig. 17.

Fig. 17. Hölzerne Abtritts-
tonne.

Fig. 18. Eiserne Heidelberger
Tonne mit Syphon, Trichter, Ab-
fall- und Lüftungsrohr und Ablauf-
eimer.

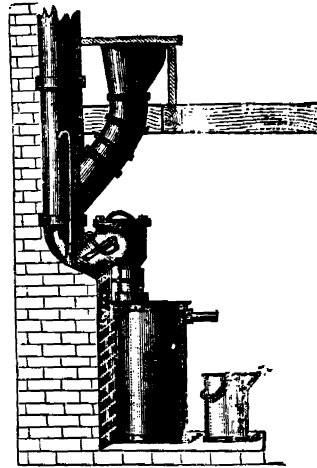


Fig. 18.

rohrs genau hineinpaßt. Nach oben ist der Siphon mit einem fest aufzuschraubenden Deckel versehen, dessen Entfernung es ermöglicht, etwaige Verstopfungen zu beseitigen (Fig. 18). Für Gebäude, die größere Menschenmengen beherbergen, wie Kasernen und Schulen, ver-

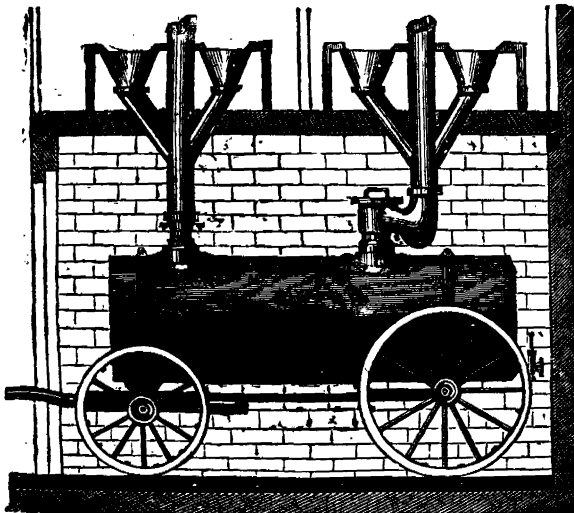


Fig. 19. Heidelberger Tonnenwagen.

wendet man Tonnenwagen (Fig. 19). Für solche Hausbesitzer, die direkt Verwendung für den Dünger haben, stellt man Bütten (Fig. 20) auf, die mit Tragbändern, wie eine Kiepe, auf dem Rücken getragen werden oder kleine Tonnen, die in einem zweirädrigen Handkarren (Fig. 21) hängen.

Die gußeisernen Fallrohre sind mindestens 21 cm weit, stehen senkrecht und werden möglichst dicht mit dem Siphon sowohl, wie mit den unter einem spitzen (höchstens 30°) Winkel einfallenden, von den Klosetten herkommenden, Seitenrohren verbunden (Fig. 18). Ein an der Einmündung angebrachter, etwas hervortretender Spornfortsatz verhindert das Anhaften von Fäkalien. — Das Fallrohr geht zur Lüftung mehrere Fuß über das Dach hinaus oder wird vom tiefsten Punkte aus durch ein am Küchenschornstein liegendes besonderes Luftrohr ventiliert.

Die Abtritte werden je nach dem Preise, den man anwenden will, verschieden eingerichtet, einfache Trichter von emailliertem Eisen oder Porzellan, ohne oder mit Klappe, ohne oder mit automatischer Wasserspülung u. s. w.

Die Tonnen stehen immer nur im untersten Geschoße in einer besonderen Tonnenkammer. Bei sehr tiefem Stande sind besondere Einrichtungen zum Aufwinden der Tonnen getroffen (Fig. 22, S. 76).

Die Auswechselung der Tonnen erfolgt mindestens 1 mal wöchentlich, in größeren Häusern 2—3 mal wöchentlich. Sie dauert 1—2 Minuten, der Schieber am Siphon wird gehoben, ein fester Deckel mit Bügel auf die gefüllte Tonne geschraubt, eine leere reine Tonne untergestellt und mit dem Siphon verbunden. 2 Arbeiter tragen die Tonne auf den vor dem Hause stehenden Transportwagen (Fig. 23, S. 76) der sie nach einem Schuppen vor der Stadt bringt. Hier wird sie mit Kette und Rolle in die Höhe gewunden und in die bereit stehenden Jauchewagen der Landwirte ausgegossen und darauf rein gespült. Das Spülwasser kommt auf den nach derselben Stelle aus der Stadt geführten Straßenkehrriht. Die Tonnen werden desinfiziert. Wenn in einem Hause ansteckende Krankheiten herrschen, so werden besondere Tonnen aufgestellt.

Die Abfuhr der Tonnen findet bei Tage statt und hat bisher zu keinerlei Klagen wegen Unreinlichkeit oder verletzten Anstandsgefühls Veranlassung gegeben.

Die Tonnen, Wagen etc. werden von der Fabrik Fischer & Co. in Heidelberg angefertigt und sind in einer Abhandlung von Curt Maquet⁶ genauer beschrieben und abgebildet.

Bei starken Wintern, z. B. 1880/81, wurde Einfrieren des Siphons beobachtet; es ist deshalb dringend wünschenswert, die Tonnenkammer so einzurichten, daß sie frostfrei ist. Wo dies nicht möglich ist, wende man den von Gebrüder Schmidt in Weimar konstruierten Siphon mit beweglicher Zunge und Heizvorrichtung an, wie ihn Figur 24 darstellt.



Fig. 20. Abtritts-bütte.

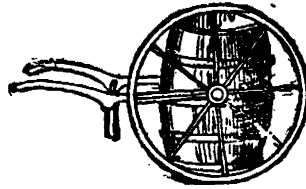


Fig. 21. Fahrbare Holztonne.

Der Heidelberger Tonnenverein, dem ursprünglich die Abfuhr der Tonnen zufiel, hat mit Beginn 1890 die ganze Tonnenabfuhr der Stadtverwaltung übergeben.

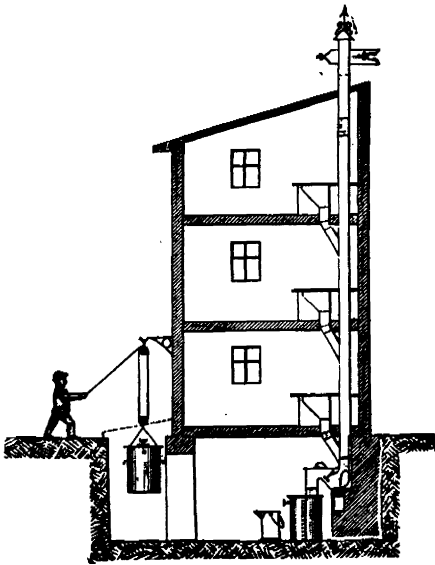


Fig. 22.

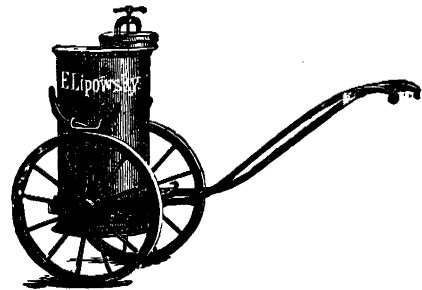


Fig. 23.

Fig. 22. Querschnitt eines Tonnenhauses mit Tonnenraum im Souterrain und Aufzug.

Fig. 23. Transportkarren für Tonnen.

Von einzelnen Autoren sind noch Verbesserungen des sogenannten Heidelberger Tonnensystems vorgeschlagen. Pagliani⁶, der sich übrigens sehr günstig über das Tonnensystem ausspricht, schlägt vor, über der Einmündung des Rohres in die Tonne einen doppelten Siphon anzubringen, einen für das Abfallrohr der Exkremente der einen Etage, den anderen für dasselbe aus der anderen Etage, so daß die Emanationen der Tonne, hervorgebracht durch Exkremente der einen Etage, nicht durch das betreffende Fallrohr der anderen Etage sich mitteilen können.

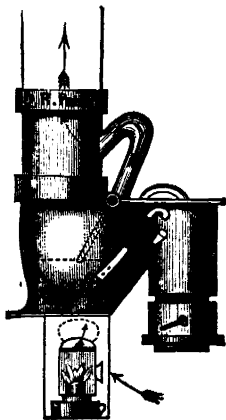


Fig. 24. Heizbarer Siphon mit beweglicher Zunge.

Kruse⁷ wünscht nach seinen Erfahrungen in Norderney folgende einfache Ventilation eingeführt zu sehen. Die Tonne steht unter dem Abortsitz, ein mit der aufklappbaren Sitzplatte fest verbundener Trichter ragt in dieselbe hinein, von der Tonne geht ein Rohr am Küchenschornstein hinauf, das oben in einem Wolpert'schen Essenkopfe endigt.

Bernatz⁸ will den Tonnenraum mit Schienen versehen, auf denen die Räder des Tonnenwagens direkt einlaufen können. Das Abfallrohr geht mit seinem unteren Ende in den Tonnendeckel, ist hier mit einer Hülse um-

geschlossen und wird beim Entleeren einfach in die Höhe geschoben, während ein Blechdeckel die Tonne schließt.

2. Tonnensysteme mit Einrichtung zur Desodoration oder Desinfektion⁹.

Dieselben Anforderungen, die wir (S. 71) an das Tonnensystem ohne Desodoration oder Desinfektion in Bezug auf Form, Material, Anzahl, Ventilation, Wechsel, Abfuhr und Entleerung der Tonnen gestellt haben, müssen wir auch hier aufrecht erhalten; selbstverständlich mit denjenigen Modifikationen, die der betreffenden Desodorations- oder Desinfektionsmethode entsprechen.

a) Mit Trennung der festen und flüssigen Exkremente.

Wenn man auch mit dem gewöhnlichen Tonnensystem die Unannehmlichkeiten vermied, die menschlichen Exkremente lange Zeit in den menschlichen Wohnungen in eventuell durchlässigen Gruben sich ansammeln und dadurch Boden, Wasser und Luft verunreinigen zu lassen, so hatte man doch, namentlich in größeren Städten, mit den Schwierigkeiten zu kämpfen, daß die Abfuhr der gesamten menschlichen Fäkalien zu große Kosten machte. Um diesen Schwierigkeiten aus dem Wege zu gehen, versuchte man, den Harn von den festen Exkrementen in den Tonnen zu trennen. Es sind von diesem Gedankengange aus eine Reihe von Konstruktionen erfunden, von denen wir die wichtigeren hier aufführen wollen:

1) Der Tonnen-Diviseur von Dugleré¹⁰. Derselbe wurde in Frankreich zuerst durch Huguin hergestellt und besteht aus einem etwa 1 hl fassenden Holz- oder Metallgefäße, an dessen unterem Ende, wie Fig. 25 zeigt, sich eine durchlöchernte Platte befindet, welche die Flüssigkeiten in ein abführendes Rohr und durch dieses in die Scele leitet. Das Gefäß befindet sich in einer gemauerten Grube (Fig. 25)

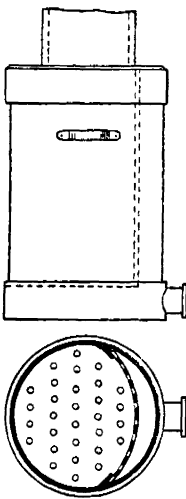


Fig. 25. Tonnen-Diviseur von Dugleré.

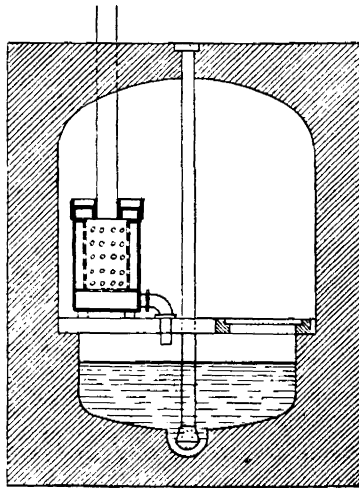


Fig. 26. Huguin'scher Separator.

(z. B. im Hôtel de Ville und den Halles centrales in Paris) und wird, wenn es nahezu gefüllt ist, durch ein ähnliches leeres ersetzt.

Es werden demnach nur die festen Exkremente in der Tonne zurückgehalten, während die hygienisch nicht unbedenklichen und für die Landwirtschaft wertvolleren flüssigen Stoffe einfach in die Kanäle abfließen.

2) Huguin'scher Separateur. Dieser besteht nach Levy¹¹, wie aus Fig. 26 (S. 77) ersichtlich, aus zwei ineinander steckenden Cylindern von denen der innere siebartig durchlöchert ist, und einem unter denselben befindlichen Behälter von Eichenholz oder Mauerwerk, aus dem dann die ausgelaufene Flüssigkeit in einen Kanal gelangt oder ausgepumpt wird. Der Tonnenraum wird durch ein Abzugsrohr nach oben ventiliert.

3) Tonnen-Diviseur von Caze neuve¹². Derselbe bewirkt die Trennung der Faeces und des Urins, wie Fig. 27 zeigt, durch ein durchlöchertes metallenes Rohr *C*, welches den Urin aus der Aufnahmetonne *b* in eine darunter gestellte Tonne *d* leitet. *a* ist das Fallrohr.

4) Tinette filtrante mit dem Apparat Richer. Erisman^{1b} schreibt darüber nach (Bürkli) folgendes: „Es ist dies eine aus galvanisiertem Eisenblech bestehende Tonne mit einer senkrecht stehenden durchlöcherten Scheidewand. Der Kot wird zurückgehalten, der Harn dagegen fließt durch eine am Boden befindliche Ausflußröhre ab, entweder in eine andere Tonne oder in den Straßenkanal. Diese Einrichtung hat den großen Nachteil, daß Flüssigkeiten und feste Massen erst getrennt werden, nachdem sie sich in der Tonne schon vermischten hatten, und daß immerhin ein ziemlich bedeutender Teil feinerer suspendierter Stoffe mit der Flüssigkeit durch das Sieb hindurchgeht, da ja die Löcher desselben, um nicht einer raschen Verstopfung ausgesetzt zu sein, nicht allzu eng sein dürfen“.

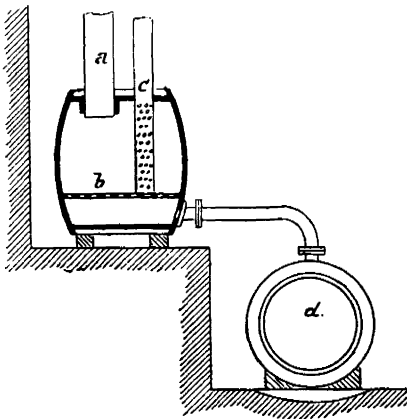


Fig. 27. Tonnen-Diviseur von Caze neuve.

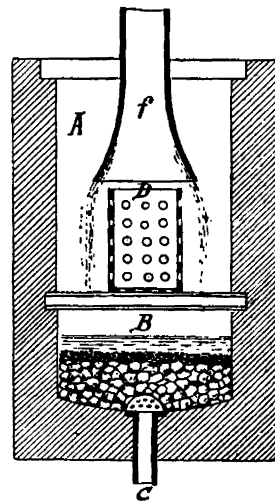


Fig. 28. Tinette filtrante von Belieard und Chenaux. *A* Tonnenkammer; *B* Filterraum; *C* Abflußrohr in den Kanal; *D* Tonne; *F* Unten erweitertes Fallrohr.

5) *Tinette filtrante* mit dem Apparate von Belicard und Chenaux (Fig. 28 S. 78) soll nach Erisman die Uebelstände des Richerschen Apparates vermeiden. Der genannte Autor schreibt darüber: „Zur Trennung der Flüssigkeiten von den festen Stoffen schon vor ihrer Vereinigung in der Tonne wird hier die Eigenschaft der Flüssigkeit benutzt, an den Wandungen der Fallröhre herunterzufließen, während die festen Stoffe mehr direkt in die Tonne fallen. Unmittelbar über der letzteren befindet sich am Fallrohre eine Erweiterung *f*; wenn die Flüssigkeit dieselbe erreicht hat, folgt sie den ausgebogenen Wandungen, wird dann von einer horizontal verlaufenden Röhre aufgenommen und durch dieselbe in eine besondere Tonne oder in den Straßenkanal abgeleitet, während die Faeces durch die senkrechte Fortsetzung der Fallröhre in die für sie bestimmte Tonne *D* gelangen. Schon aus der hier beschriebenen Konstruktion ist ersichtlich, daß der Zweck der Trennung durch diese Einrichtung nur unvollkommen erreicht wird; größere Wassermassen, der Inhalt von Nachttöpfen u. s. w., auf einmal entleert, gelangen wohl vorzugsweise in die für Kotmassen bestimmte Tonne“.

Nach Kaftan¹³ ist dies System in Frankreich vielfach benutzt, „namentlich hat Canier durch ein System von Konusen eine ziemlich vollständige Trennung des Urins vom Kote erzielt. Solche Einrichtungen sind jedoch zu kostspielig und begünstigen durch Vergrößerung der Verdunstungsfläche die Ausdünstung“.

6) Das Züricher Tonnen-Scheidsystem¹⁴ beruht darauf, daß bei einer vollständigen Spülung der Klosette mit Wasser, ähnlich wie beim Schwemmkanalssystem, mit Klappenverschluß, Siphons etc., die sämtlichen mit Wasser verdünnten Exkremente in eine im Souterrain in einer Tonnenkammer *a* aufgestellte, vollständig hermetisch an das Fallrohr angeschlossene Tonne 5 aus Eisenblech gelangen (Fig. 29). Eine durchlöchernte Scheidewand hält die festen Teile zurück, und die flüssigen Massen gelangen durch ein unten befindliches Abflußrohr 6 in das Schwemmkanalnetz. Die gefüllten Tonnen werden ausgewechselt durch eine nur von außen zugängliche Thür der Tonnenkammer. Nach Bürkli genügen für je 20 Personen Tonnen, welche bei 4-tägiger Abfuhr 200 Pfd. Exkremente aufnehmen können. Auch für Ventilation ist bei diesem System gesorgt, indem die Tonnen-gase nur durch das über das Dach verlängerte Fallrohr 8 entweichen können, ebenso ist vorgesehen, daß, falls das Fallrohr gerade durch hineinkommende Flüssigkeiten gefüllt sein

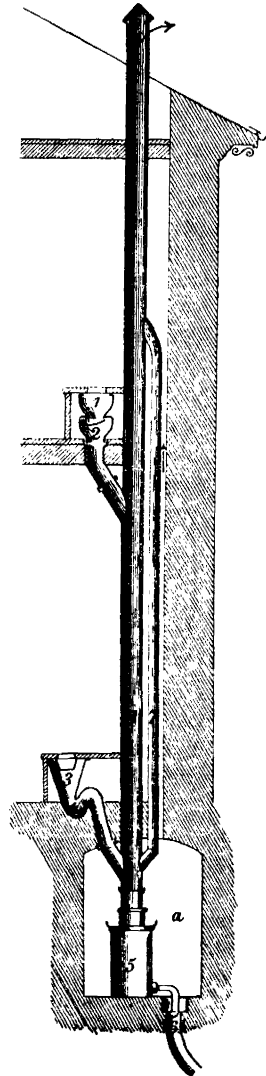


Fig. 29. Züricher Tonnen-Scheid-System.

sollte, die Gase durch eine Extraröhre 7, die direkt von der Tonne nach dem oberhalb des obersten Klosetts belegenen Teile des verlängerten Fallrohres führt, entweichen.

β) Mit Beimengung von desodorierenden oder desinfizierenden Mitteln.

Da man die Geruchlosigkeit der Tonnen mit dem soeben beschriebenen System der Trennung fester und flüssiger Massen nicht erreichen konnte, kam man darauf, zu diesem Zwecke desodorierende oder desinfizierende Substanzen zuzusetzen; hierauf beruht:

Das Petri'sche Tonnensystem¹⁵. Unter dem Sitzbrette des Klosetts befindet sich ein unten halbcylindrisch geformter Trog. In diesem ist eine größere Menge des Petri'schen Desinfektionspulvers (nach Schürmann¹⁶ 3 Teile fein gepulverter Torf, 2 Teile Steinkohlengrus, $\frac{1}{20}$ Teil schwerer Gasteer und nach Belieben Sand und andere Abfälle zugemischt) angehäuft. Die hineinfallenden Kotmassen werden von dem Pulver sofort umhüllt, eine Rührschnecke in dem Troge besorgt einigemal täglich die Vermengung der Fäkalien mit dem Pulver. Wenn das Pulver feucht zu werden beginnt, wird es durch einen unten angebrachten Schieber in Transportgefäße entleert und später in Maschinen, die den Ziegelsteinpressen ähnlich, zu Fäkalsteinen gepreßt.

Für den Fall, daß mehr Flüssigkeiten zugeführt werden, nimmt man statt des Troges eine Tonne, in der nach Rubner¹⁷ das Desinfektionsmittel zwischen zwei Rosten (Fig. 30) aufbewahrt ist. Bei größerem Zufluß von Flüssigkeiten, z. B. Bade-, Wasch- oder Hauswässern, sollen sich diese bei *a* stauen und ungereinigt durch ein Rohr *c* abfließen, in das bei *b* die durch die Desinfektionsmasse gereinigten resp. desodorierten Flüssigkeiten ebenfalls gelangen. Da es keineswegs unbedenklich ist, diese Hauswässer ungereinigt ablaufen zu lassen, und schwerlich sämtliche Fäkalflüssigkeiten desinfiziert bei *b* abgehen, so hat auch dieses System seine sanitären Bedenken.

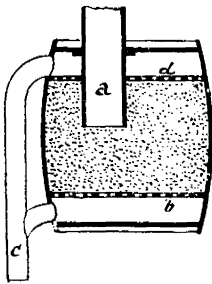


Fig. 30. Petri'sche Tonne, Modifikation von Rubner.

Was die weitere Verwertung der Fäkalsteine anbetrifft, so sollen dieselben nach den Absichten des Erfinders als Brennmaterial benutzt und die resultierende Asche zu Düngzwecken verwendet werden. Diese Zwecke

werden nur in äußerst geringer Weise erreicht, da die wertvollen Düngstoffe der Exkremente, der Stickstoff und die organischen Substanzen, vorher durch das Verbrennen zerstört werden.

Andere, namentlich Gegner der Schwemmkanalisation und der Wasserklosetts, wie z. B. Ochswadt¹⁸, haben sich sehr günstig über das Petri'sche Tonnensystem ausgesprochen.

Ueber die Mischung der Exkremente in den Tonnen mit Erde, Asche, Torfstreu etc. siehe weiter unten bei den Klosettsystemen.

Eine Modifikation des Tonnensystems stellt das Kübel-, Eimer- oder Kastensystem dar. Dasselbe besteht darin, daß unter dem

Fallrohr ein nach oben völlig offener hölzerner oder metallener Kübel, Eimer oder Kasten aufgestellt wird, in den die Exkremente bei der Benutzung des Klosetts hineinfallen.

Ähnlich wie bei den eigentlichen Tonnensystemen werden diese Kübel ohne oder mit Zumischung von desodorierenden oder desinfizierenden Substanzen gebraucht. Nach Uffelm ann¹⁹ werden z. B. in Rostock Kübel (Fig. 31) von mit Leinöl getränktem Eichenholz benutzt, die etwa 70 l fassen, mit 2 seitlichen Griffen versehen sind, wöchentlich 1—2 mal abgeholt und für den Transport mit einem luftdicht aufschraubbaren Deckel versehen werden. In Rochdale gebraucht man nach Mitgau²⁰ halbe Paraffinfässer, deren Boden mit Asche und Kochsalz bestreut ist, die mit 2 Griffen versehen, für den Transport mit doppelten Deckeln verschlossen und wöchentlich 1—3 mal ausgewechselt werden. In Braunschweig verwendet man, wie ich²¹ das näher beschrieben habe, Zinkeimer, die an einem Henkel getragen, mit einem Deckel für den Transport versehen, mit Torfstreu ausgefüllt und wöchentlich 1—3 mal ausgewechselt werden. In Manchester, Gröningen, Schwerin sind ähnliche Maßnahmen getroffen.

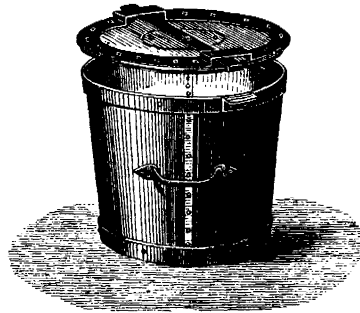


Fig. 31. Rostocker Kübel.

Gewisse Eigentümlichkeit hat das Kübelsystem Blanchard. Ueber die danach ausgeführte Düngerbereitung (der Compagnie Foncière Lucian Henri Blanchard & Co.) berichtet Bürkli²²:

„In einem mit doppeltem Boden versehenen Abtrittskübel, dessen oberer Boden oder Zwischenwand durchlöchert ist, wird auf diesem durchlöcherten Boden eine Schicht Pferdehaare, Gerberlohe oder dergl. von einigen Centimeter Dicke, darüber eine Schicht schwefelsaurer Magnesia und zuletzt noch eine mit Phosphorsäure getränkte Schicht filtrierender Substanzen angebracht. Der Kübel wird so unter das Abfallrohr gestellt, und es fallen die Abtrittsstoffe auf den Filter, die Flüssigkeiten fließen durch denselben ab, wobei sie allen Ammoniak durch Wirkung der Phosphorsäure und der schwefelsauren Magnesia abgeben und aus der unteren Abteilung völlig geruchlos abgeleitet werden können. Zugleich wirkt die Desinfektion auch auf die über dem Filter zurückgehaltenen festen Stoffe, sodaß der ganze Kübel völlig geruchlos ist.“

Versuche in Mitray und Toulouse sollen nach Bürkli sehr gut ausgefallen sein. Offenbar war aber die Phosphorsäure viel zu teuer.

Aus neuerer Zeit ist über das System Blanchard nichts bekannt geworden.

Das Kübel- oder Eimersystem hat den hygienischen Nachteil, daß die Luft in dem Abortraume und dadurch auch in der betreffenden Wohnung durch unermischte Exkremente sehr bedeutend und auch mit desodorierenden Mitteln vermischt, immer, wenn auch in geringem

Maße, verunreinigt wird. Ein Vorzug liegt darin, daß bei der Kleinheit der Eimer und Kübel den Tonnen gegenüber eine noch häufigere Entfernung der Kübel aus den Wohnungen stattfinden muß. Selbstverständlich müssen die sanitären Anforderungen, die wir oben an das Tonnen-system gestellt haben, auch hier Platz greifen, wie Impermeabilität der Kübel, regelmäßiger Wechsel, sorgfältige Reinigung der Kübel und der Räume, in denen die Kübel aufgestellt sind, undurchlässiger Fußboden des Kübelraumes u. s. w.

Das Tonnen- (bez. Kübel-, Eimer- oder Kasten-)System ist in vielen Städten eingeführt. Um ein Bild über die praktische Durchführbarkeit, die Kosten u. s. w. zu geben, wollen wir dasselbe an einer Reihe von Beispielen hier schildern, da fast jede Stadt bestimmte Eigentümlichkeiten bewahrt hat, die mehr oder weniger der Nachahmung wert sind.

1. Augsburg.

Seit 1867 muß jeder Neubau und jeder größere Umbau mit Tonnen versehen sein. Nach Heiden²³ setzen sich die Kosten für die Abfuhr folgendermaßen zusammen:

Für Wechsel der Tonnen zahlt jeder pro Jahr 90 Pf. (Kinder für $\frac{1}{3}$ gerechnet). Die Stadtkasse zahlt dem Unternehmer seit 1881 jährlich 4000 M. (pro Haus 5 M.). Die Tonnen hat der Hausbesitzer zu beschaffen, kann sie aber vom Unternehmer zu 20 Pf. jährlich mieten. Die Stadt hält 2 Aufseher zur Ueberwachung und Kontrolle der Unternehmer und hat ein Depot außerhalb der Stadt gebaut für 11 708 M. Die Landwirte holen hier auf Entfernungen von 3—4 Stunden die Fäkalien ab und zahlen pro cbm 1 M. Reicht der Raum des Depots nicht aus, so werden die Fäkalien direkt in den Fluß gelassen.

In allen älteren Häusern bestehen noch Gruben, deren Inhalt ebenfalls nach dem Depot gebracht oder direkt in den Fluß entleert wird.

Seit 1881 verarbeitet eine Podewils'sche Fäkalieextraktfabrik ausschließlich Tonneninhalt.

2. Emden.

Das Tonnen-system der Stadt Emden²⁴ zeichnet sich dem Heidelberger gegenüber durch besondere Einfachheit und Billigkeit aus.

Emden, im Jahre 1880 mit einer Einwohnerzahl von 13 667 Einwohnern und 1890 meist von einer oder höchstens zwei Familien bewohnt, durchschnittlich 6—7 Personen zählenden Häusern, liegt in der Marsch, 4 Kilometer von der Ems entfernt, hat bis zu den Entwässerungsschleusen, die die Binnentiefen vom Hafen abschließen, Ebbe und Flut. Die Binnentiefen durchziehen die ganze Stadt, vermitteln den Schiffsverkehrsverkehr mit dem Binnenlande und entwässern dies. Der bebaute Teil der Stadt liegt durchschnittlich nur 2 m über gewöhnlicher Fluthöhe. Das Grundwasser tritt in den offenen Schloten zu Tage, Gräben, die in den nicht dicht bebauten Stadtteilen die Entwässerung und Abgrenzung der Grundstücke besorgen. Durch die Eigentümlichkeit der Lage der Stadt war Schwemmkanalisation oder Grubensystem ausgeschlossen, Liernur's oder Berlier's System fiel aus finanziellen Gründen fort, die Stadt führte daher das sogenannte Delfter Tonnen-

system zur Verbesserung der Städtereinigung 1878 ein, kaufte auf städtische Kosten die nötigen Plätze, Tonnen, Wagen, Wagenschuppen etc. und fand einen Generalunternehmer, der das ganze Anlagekapital mit 6 Proz. verzinst und noch jährlich 6000 Mark für den erhaltenen Dünger zahlte. Seit dem 1. April 1879, wo diese Einrichtungen ins Leben traten, waren im Januar 1885 rund 1000 Tonnen in 697 Privathäusern angeschlossen.

Der Abort besteht aus einem einfachen Sitz mit einer darunter gestellten Faßtonne und läßt sich in jedem abgeteilten Raume im Hause anbringen. 3—4 Klötze am Boden sorgen beim Wechseln der Tonne dafür, daß diese immer die richtige Stellung bekommt. Das Sitzbrett des Aborts ist zum Aufklappen eingerichtet. Unter dem Sitzbrette ist der Trichter angeschraubt. Bei zugeklapptem Sitzbrett schließt der Mantel des Trichters an die Tonnenöffnung dicht an, und nur die untere Oeffnung des Trichters, etwa 7—10 cm weit, bleibt sichtbar. — Die Tonnen werden wöchentlich 2mal abgeholt, das Sitzbrett aufgeschraubt, das vordere Brett des Abortsitzes entfernt, die volle Tonne fortgenommen und die sogenannte Wechseltonne eingestellt. An jeder Tonne sind 2 eiserne Haken in der Mitte angebracht, in welche die Arbeiter ihre Trageisen einhängen. Tonnen von 29 und 41 l Inhalt sind in Gebrauch. Im Tonnenraum wird die volle Tonne mit einem dort bereit liegenden, gut schließendem Deckel geschlossen. Die Tonnen werden auf Wagen geladen und nach dem Dünger- oder Tonnenschuppen gefahren und der Inhalt hier mit dem Straßenkehrer u. s. w. gemischt und kompostiert. Auch der Urin wird an den öffentlichen Pissoirs in Tonnen gesammelt und nach dem Düngerschuppen gefahren. Nach der Entleerung werden die Tonnen neben dem Düngerschuppen auf einer Brücke am Rande des schiffbaren Wassergrabens mit Wasser und einer großen Piassava-Walzenbürste gereinigt. Da der Dünger erfahrungsgemäß nur 2mal im Jahre, im Frühjahr und Herbst verkauft wird, so sammeln sich in der Zwischenzeit die Düngmassen $2\frac{1}{2}$ —3 m hoch an, die Flüssigkeit sickert nach unten und wird in einem Jauchebassin aufgefangen, in das auch der Urin entleert wird. Fuderweise und Schiff ladungsweise wird der Dünger verkauft, und zwar in der Zeit vom 1867—1883/84 durchschnittlich jährlich 45 383 Centner, der Centner durchschnittlich zu $24\frac{1}{2}$ Pfennig. Bis 1883/84 hatte der Unternehmer noch in keinem Jahre seine Kosten gedeckt. Wie z. Z. (am 1. April 1889 war der Kontrakt mit dem Unternehmer abgelaufen) die Einnahmen für den Unternehmer sich stellen, ist unbekannt, jedenfalls hat die Stadt eine direkte Einnahme von ihrem Tonnensystem und scheint nach dem Berichte ihres Bürgermeisters Fürbringer damit zufrieden zu sein.

Wenn auch zugegeben werden soll, daß das Emdener Tonnensystem den Vorzug großer Einfachheit und Billigkeit hat, ja sogar der Kommune noch Geld einbringt, so entspricht dasselbe doch nicht den hygienischen Anforderungen, die wir an alle Tonnensysteme stellen müssen, indem eine permanente Ventilation der Abtritte und Fallrohre fehlt, also die Gerüche der Fäkaltonne notwendigerweise sich der Wohnung mitteilen und durch die Fäkaliendepots für die Nachbarschaft abscheuliche Dünste entstehen müssen, wie wir sie später bei Gelegenheit der Kompostierung der Fäkalien nach Liernur's System in Amsterdam schildern werden. Höchst bedenklich ist das

Ausspülen der Tonnen über dem schiffbaren Wassergraben, wodurch pathogene, in den Faeces enthaltene, Mikroorganismen außerordentlich leicht Weiterverbreitung finden können. Selbstverständlich ist ein derartiges Tonnensystem nur in kleinen, von einer Familie bewohnten, meist einstöckigen Häusern anwendbar, keinesfalls in mehrstöckigen, von vielen Familien bewohnten Häusern.

3. Gröningen.

In Gröningen werden die Exkremente in meist unbedeckten Kübeln aufgefangen und jeden dritten Tag von 6—8 Uhr morgens seitens der Stadtgemeinde in ein vor der Stadt an einem Schifffahrtskanale gelegenes Depot gefahren. Dieses besteht aus einer Anzahl bedeckter, 2 m tiefer gepflasterter Gruben, die den Kehrlicht aufnehmen. Dieser wird in der Weise in den Gruben eingeschüttet, daß sich Zwischenwände und Gruben bilden. In diese Gruben werden die Fäkalien geschüttet, der Kehrlicht entzieht denselben die Flüssigkeit und bildet einen sehr guten Kompost. Die überschüssige Jauche fließt in gemauerte, bis 6 m tiefe Behälter ab und wird hieraus von Zeit zu Zeit abgepumpt und per Schiff von den Landwirten abgeführt.

Die Jauche wird weniger in den umliegenden Moordistrikten begehrt als der kompostierte Dünger.

Sehr günstig urteilt darüber J. S. Visser²⁵, während nach Kaffan²⁶ „das ganze Verfahren ein primitives ist und sich der üble Geruch namentlich des Morgens während des Transportes in der Stadt unangenehm bemerkbar macht“. Ähnliches schreibt Varrentrapp nach Heem de Gens^{25a}.

4. Göteborg.

In Göteborg in Schweden hat sich in den letzten Jahrzehnten ein eigentümliches Kastenabfuhrsystem entwickelt. Während man früher die Abfallstoffe und Exkremente in Abtrittsgruben sammelte, führte man in den 60er Jahren ein Kastensystem ein, das seit 1885 unter direkter Kontrolle der Stadtverwaltung steht. Die Aborte liegen sämtlich außerhalb der Häuser, unter diesen befinden sich auf Schienen fortzufahrende, massive Holzkasten, deren Boden mit Cement belegt ist und die täglich mit einer Schüttung Kalk oder Torfstreu versehen werden. Kleinere Hausklosetts werden auch in diese Hofabtritte entleert. Jede Woche wird der Inhalt abgefahren. Der Müll wird in kleineren, auf Cement stehenden Tonnen gesammelt und täglich entleert. ^{3/4} aller Bewohner lassen die Abfuhr jetzt durch die Stadt besorgen. Die Kalkpoudrette wird per Eisenbahn nach einer Fabrik geführt und dort lufttrocken gemacht, die Torfpoudrette wird mit dem Müll in „Prahme“ geladen und direkt zum Landwirt geführt, sodaß auf den städtischen Abladeplätzen möglichst wenig abgelagert wird.

Im Jahre 1890 betrug der Zuschuß aus der Stadtkasse für 2350 Hausbesitzer 11 750 Kronen, indem die Abfuhr 123 000 Kronen kostete und der Verkauf der Poudrette etc. 78 000 Kronen ergab; es wurden verkauft

113 000 hl Kalkpoudrette	für 56 000 Kron.
24 800 „ Torfstreuexkremente	„ 4 600 „
254 000 „ Küchenabfall	„ 17 000 „

In hygienischer und ökonomischer Hinsicht ist man nach Ernst Almquist²⁷ mit dem System zufrieden. Derselbe glaubt, daß nach dem Einführen dieser geregelten Abfuhr die Sommerdiarrhöen stark im Abnehmen begriffen sind.

5. Kopenhagen.

Ueber das Kopenhagener Tonnensystem macht V. Budde²⁸ in neuester Zeit folgende Angaben:

Die Fäkalien werden in Tonnen gesammelt, diese abgefahren und außerhalb der Stadt in großen Behältern aufbewahrt. Die älteren bestehen aus einfachen, in dem reinen Lehm Boden ausgegrabenen Gruben, die neueren sind mit Betonmauern ausgekleidet. Die Bodenproben, die in der Nähe der nicht ausgemauerten Behälter entnommen wurden, zeigten keine auffallende Verunreinigung:

	Boden 6 Fufs entfernt	Boden 12 Fufs entfernt	Boden noch weiter entfernt
Wasserfreie Phosphorsäure	1,644 p. m.	0,920 p. m.	1,120 p. m.
Chlornatrium	0,760 „ „	0,877 „ „	0,877 „ „

Die Zusammensetzung der Fäkalien war folgende:

Wasser	88,410 Proz.
Organische Substanzen	9,364 „
In Säure lösliche organische Substanzen	1,873 „
In Säure unlösliche organische Substanzen	0,353 „
Darin Stickstoff	0,600 Proz.
Phosphorsäure	0,473 „
Kali	0,371 „

Die Fäkalien werden entweder direkt an die Landwirte verkauft oder in besonders konstruierten Wagen mittels der Eisenbahn verschickt.

Verschiedene Mängel werden bei dem Tonnensystem zugestanden.

6. Weimar.

In Weimar wurde das System durch „Ortsstatut über die Einführung der Aborte mit Tonnensystem vom 20. September 1880“ für alle neu zu bauenden oder schon vorhandenen Häuser, die einem gänzlichen Umbau unterworfen werden, eingeführt.

Statut und genaue Beschreibung der dort angewandten Apparate nebst Abbildungen finden sich in dem Preisverzeichnis der Eisen- und Blechwarenfabrik von Gebrüder Schmidt, Weimar.

Gärtner hat ein Gutachten²⁹ über das Weimarer System abgegeben und sich für Beibehaltung desselben ausgesprochen, dabei aber gefordert, „für bessere Abfuhr zu sorgen und die Mängel der Einrichtung und Ausführung zu beseitigen“.

7. Stade.

In Stade wird die Reinigung der Tonnen vor der Auswechselung mit warmem Wasser, Besen und Bürsten vorgenommen, und zwar sowohl außen wie innen und dann die Innenfläche mit einem Gemisch von 15 Teilen Wasser und einem Teile eines Gemisches von 10 Teilen Schwefelsäure und 5 Teilen Karbolsäure ausgeschwenkt.

8. Görlitz.

Seit 1873 ist das Grazer Tonnensystem eingeführt. Die Tonnen werden durch Ausspülen mit Wasser gereinigt und dann mit Karbolsäure desinfiziert.

9. Glatz.

In Glatz werden die Tonnen im Sommer mit Wasser, im Winter mit Wasser unter Karbolsäurezusatz gespült.

10. Kiel.

Seit dem 1. Mai 1880 ist in Kiel das Kübelssystem obligatorisch eingeführt. Die tragbaren Kübel werden, fest geschlossen, in einem gut schließenden Kastenwagen 2 mal wöchentlich bei Tage in Depots vor der Stadt abgefahren.

Zur Desinfektion werden in jeden Kübel 50 g Karbolsäure geschüttet. Nach Heiden³⁰ waren 1885 im ganzen 4189 Kübel vorhanden, deren Entleerung 62 835 M. kostete.

11. Graz.

In Graz ist das Tonnensystem nach Schwarz³¹ seit 1839 allmählich eingeführt.

12. Greifswalde.

Greifswalder Tonnensystem. Nach F. Kornstädt's³² experimentellen Untersuchungen über das in Greifswald eingeführte neue Kübel-Reinigungsverfahren wird die Abfuhr in folgender Weise gehandhabt. Die 30 l fassenden Kübel bestehen aus gutem, mit Oel getränktem Eichenholz, sind mit verzinkten Bändern versehen und werden mittels eines eisernen Deckels mit Gummiring durch einen Bügel mit durchgehender Schraube geschlossen. Wöchentlich ein- oder zweimal werden die gefüllten Kübel in geschlossenem Wagen abgefahren und dafür frisch gereinigte Kübel eingestellt. 2 Kilometer vor der Stadt befindet sich die Abfuhrkübel-Reinigungsanstalt mit der Grube, in die die Fäkalien ausgeschüttet werden. Nach kräftiger Durchrührung wird der Inhalt durch Saugpumpen auf in der Nähe aufgeschüttete Müll- und Kehrlichthaufen gepumpt und diese dadurch zu Komposthaufen verwandelt, die nach ca. 9 Monaten nach häufiger Umschaukelung als Dünger an die Landwirte verkauft werden.

Da bei dem Wechsel der Tonnen, falls die Reinigung und Desinfektion nicht genügend geschieht, immer die Gefahr vorliegt, daß Krankheitskeime von einem Hause ins andere verschleppt werden, ist ein ganz besonderer Wert auf die Reinigung gelegt. Nach Kornstädt geschieht dieselbe in der Weise, daß durch einen Brauseapparat (aus der Maschinenfabrik von Keßler) ein Dampfwassergemisch unter einem gewissen Druck gegen die zu reinigende Fläche geführt wird. Die Brause (Fig. 32 S. 87) besteht aus einem aufrecht stehenden cylindrischen, der Höhe des Kübels entsprechendem Brauserohr (a), welches durch 4 Streben (b) gegen den Fußboden den nötigen Halt bekommt. In entsprechender Höhe findet sich an diesem Rohr ein drehbares Gestell, das aus 3 Armen (c) mit etwas aufgebogenen Enden besteht zum Aufstellen des umgestülpten Kübels (d). Aus einem Dampfkessel (System Cornwall)

mit ca. 4 Atmosphären Dampfspannung wird der Dampf durch ein metallenes Rohr (e) zum Brausekopf geleitet. In einem oberhalb des Kessels aufgestellten Behälter, dem Vorwärmer, wird Wasser durch Einleiten von Dampf mittels besonderen Dampfzuleitungsrohres auf eine Temperatur von 50° — 56° vorgewärmt. Auch von hier führt eine Rohrleitung (f) zum Brauseapparat. Der aus dem Kessel ausströmende Dampf und das vorgewärmte Wasser mischen sich innig in einer in die Dampfleitung eingeschalteten Mischbüchse (g). Aus dieser gelangt das Dampfwassergemisch nach dem Niedertreten eines an dem Stange des Arbeiters befindlichen Hebels (h) durch ein kurzes Rohrstück in den Brausekopf und aus diesem auf die Innenwand des über den Brausekopf gestülpten Kübels. Beim Forttreten von dem Hebel schließt sich die Zuleitung zum Brausekopf wieder selbstthätig. Ein kleines Bassin (i) am Fußboden, mit einem Ableitungsrohre (k), führt das verbrauchte Wasser zur Fäkaligrube. Eine Schutzwand von Eisenblech (l), welche das Bassin umgibt, dient zur Abhaltung von Spritzwasser sowohl vom Fußboden, wie von den Kleidern der Arbeiter. Ein oberhalb des Brauserohres befindlicher Wasserhahn, der ebenfalls mit dem Hebel in Verbindung steht und seine Zuleitung aus dem Rohre für das vorgewärmte Wasser enthält, liefert das Wasser zum Abbürsten der äußeren Kübelfläche. Unter Mitwirkung von Löffler angestellte Versuche ergaben, daß bei neuen Kübeln bei 113° Temperatur und 0,8 Atmosphärendruck des Dampfwassergemischs und einem Wasserverbrauch von 26—27 l in 60 Sekunden die Kübel absolut gereinigt und vollkommen desinfiziert wurden. Die Deckel der zu reinigenden Kübel werden von einer Arbeiterin in einer eigenen Deckelwäsche gesäubert. Es zeigte sich nun, daß im Laufe des Jahres bei den mehr oder weniger innen abgenutzten Kübeln die Desinfektion nicht mehr vollständig eintrat, und Kornstädt rät daher, dieselben etwas länger, vielleicht 2 Minuten der Dampfwirkung auszusetzen oder von vornherein verzinnzte, eiserne, innen emaillierte Kübel zu nehmen.

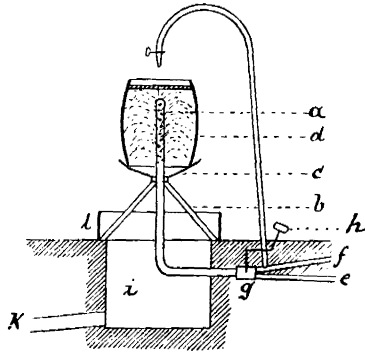


Fig. 32. Kübel-Spülapparat aus Greifswald.

Das Tonnensystem ist vom hygienischen Standpunkte aus, wenn es den geforderten Bedingungen entspricht, entschieden zulässig und, da es eine Verunreinigung des Bodens und Grundwassers leichter verhindert, dem Grubensystem überlegen. Besonders gefährlich ist bei dem Tonnensystem der Transport frischer Exkremente mit pathogenen Mikroorganismen. Dabei müssen die Vorschriften über Desinfektion der Tonne u. s. w. (wie in Greifswalde) ganz besonders beachtet werden. Dann ist von besonderer Gefahr ein Ueberlaufen der Tonne, da dadurch im Hause selbst leicht Infektionsherde entstehen, leichter als selbst bei einem mangelhaften Grubensysteme.

Die verschiedenen vorgeschlagenen Trennungssysteme haben, hygienisch betrachtet, geringen, landwirtschaftlich betrachtet, gar keinen Wert.

In kleineren Städten und bei guter Verwendung des Tonneninhaltes für die Landwirte ist das Tonnen-system bei strenger Kontrolle und zahlreichem Aufsichtspersonale zuzulassen.

Finanziell ist es nur scheinbar von Vorteil, da, wie beim Gruben-system, für Drainage des Untergrundes und Ableitung der Hauswässer besonders gesorgt werden muß.

- 1) **Fr. von Gruber und M. Gruber**, *Anhaltspunkte für die Verfassung neuer Bauordnungen in allen die Gesundheitspflege betreffenden Beziehungen*, Wien - Leipzig 1893, 81 ff.
- b) **Pettenkofer und Ziemssen**, *Handbuch der Hygiene*, II. T. 1. Abt. 1. Hälfte; **Erisman**, *Die Entfernung der Abfallstoffe* (1882) 121. c) **Flügge**, *Grundriss der Hygiene*, Leipzig 1889, 417. d) **Heiden, Müller und von Langsdorff**, *Die Verwertung der städtischen Fäkalien*, Hannover 1885. 36 ff. e) **Roth und Lex**, *Handbuch der Militärgesundheitspflege*, Berlin 1872, 449 ff. f) **Uffelmann**, *Handbuch der Hygiene*, Wien und Leipzig 1890, 419 ff. g) **Wiel und Gnehm**, *Handbuch der Hygiene*, Karlsbad 1878 499 u. ff. h) **Uffelmann**, *Darstellung des auf dem Gebiete der öffentlichen Gesundheitspflege in außerdeutschen Ländern bis jetzt Geleisteten*, Berlin 1878, 336. i) **R. Virchow**, *Kanalisation oder Abfuhr*, *Arch. f. path. Anat. u. Phys. u. f. klin. Med.* (1869) 45. Bd. k) *Handbuch der Architektur*, 3. T., 5. Bd. 153 u. ff. und 359 u. ff.
- 2) **von Kerschensteiner** im I. Bericht über die Verhandlungen und Arbeiten der vom Stadtmagistrat München niedergesetzten Kommission für Wasserversorgung, Kanalisation und Abfuhr in den Jahren 1874 und 1875, 14.
- 3) **Schauenstein**, *Die Abfuhr der Auswurfstoffe und die Gesundheitsverhältnisse in Graz*, Bericht, erstattet in der 48. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in Graz, V. f. öff. Ges. 7. Bd. 248.
- 4) **Mittermaier**, *Die öffentliche Gesundheitspflege in Städten und Dörfern mit besonderer Beziehung auf die Beseitigung der menschlichen Abfallstoffe*, Karlsruhe 1875, G. Braun, 23 ff. b) *Ders.*, Vortrag über Tonnen-system in Verhandlungen des intern. V. gegen Verunreinigung der Flüsse, des Bodens und der Luft, I. Versammlung in Köln 1877, Berlin und Leipzig 1878, 30 ff. c) *Ders.*, V. f. ger. Med. u. öff. Sanitätszw. (1880) 32. Bd. 108. d) *Ders.*, Vortrag über Tonnen-system in denselben Publikationen über III. Vers. in Baden-Baden 1879, Frankfurt a. M. 1881, 44 ff.
- 5) **Curt Maquet**, Ingenieur, Inhaber der Firma Fischer & Co. in Heidelberg, Abhandlung über geruchlose Ansammlung und Abfuhr menschlicher Abfallstoffe, Heidelberg 1877, G. Mohr. b) **E. Lipowsky**, Ueber Entstehung und Einführung des Heidelberger Tonnen-systems, Heidelberg 1878, G. Koester, mit zahlreichen Abbildungen. c) **Fischer & Co.**, Die Beseitigung der menschlichen Abfallstoffe, insbesondere mit Rücksicht auf das Tonnen-system, Heidelberg 1876, W. Wiese, mit zahlreichen Abbildungen.
- 6) **L. Pagliani**, *Le fosse mobili*, *Giornale della Società italiana d'igiene* (1881) 3. Bd. 361.
- 7) **Eulenberg's Vierteljahrsschrift (1883) 155.**
- 8) *Gesundheitsingenieur* (1883), Beilage zu No. 18, 139.
- 9) **F. Liger**, *Fosses d'aisance etc.*, Paris 1875 S. 269—292.
- 10) **Grassi**, *Annales d'hygiène publ.*, 2. Ser., 11. T., 259.
- 11) **M. Levy**, *Traité d'hygiène publ. et priv.* (1869); genauere Abbildungen in a) *Allgemeine Bauseitung*, Wien (1852) und b) **Möllinger**, *Handbuch über Abtrittsanlagen*.
- 12) **Parent-Duchatelet**, *Hygiène publique*, 2. Bd. 359 und Taf. 15 Fig. 2—5; Göttingen, Das unterirdische Basel, 51.
- 13) **Kaftan**, *Die systematische Reinigung und Entwässerung der Städte*, 51.
- 14) **Wiel und Gnehm**, *Handbuch der Hygiene*, 499.
- 15) **F. Petri und J. Gärtner**, *Kurzgefaßte Darstellung der Reinigung der Städte und Fabrikanlagen durch die Desinfektion mittels des Dr. Petri'schen Verfahrens*, mit 3 Tafeln Abbildungen, Berlin 1877, Nicolai.
- 16) **E. Schürmann**, *Das Petri'sche Desinfektionsverfahren*, V. f. öff. Ges. 7. Bd. 747.
- 17) **Rubner**, *Lehrbuch der Hygiene*, Leipzig und Wien 1890, 357.
- 18) **Ochswadt**, *Die Kanalisation mit Berieselung und das Dr. Petri'sche Verfahren betreffend die Desinfektion und Verwertung der Fäkalstoffe*, Berlin 1877, Nicolai (R. Stricker), 95 u. ff.
- 19) **Uffelmann**, *Lehrbuch der Hygiene*, 420.
- 20) **L. Mitgau**, *Bericht über die in Berlin u. s. w. eingeführten Systeme der Städtereinigung* (1880), 41.

- 21) R. Blasius, *Das Torfstreuverfahren als Mittel der Städtereinigung*, Verh. d. V. f. öff. Gesundheitspf. zu Magdeburg 1886.
- 22) Bürkli, *Ueber Anlagen städtischer Abzugskanäle und Behandlung der Abfallstoffe in Städten*, Zürich 1866, 24.
- 23) Heiden, Müller und von Langsdorff, *Die Verwertung der städtischen Fäkalien* (1885) 181.
- 24) *Das Abfuhrwesen und Tonnensystem der Stadt Emden mit Statistik der Betriebsergebnisse und Rentabilitätsberechnungen, ein Bericht vom Oberbürgermeister Fürbringer, mit Vorwort von Alexander Müller, Emden 1885, W. Haynet; Wiggers, Das Abfuhr- und Tonnensystem der Stadt Emden, Emden 1885.*
- 25) J. E. Visser, *Die Reinlichkeit in den Städten oder die Abortfrage und das Abfuhrsystem* (1876), 35.
- 25a) G. Varrentrapp, *V. f. öff. Ges.* 5. Bd. 325.
- 26) Kaftan, *a. a. O.* 49.
- 27) Ernst Almquist, *Om Göteborgs renhallningssystem (Ueber das Reinhaltungssystem Göteborgs)*, Hygiea (1892).
- 28) V. Budde in *Ugeskrift för Läger*, 26. Bd. No. 15—18.
- 29) *Gesundheitsingenieur* (1891), No. 12.
- 30) Heiden, Müller und von Langsdorff, *Die Verwendung der städtischen Fäkalien* (1885), 233.
- 31) *Verhandlungen des Vereins gegen Verunreinigung der Flüsse etc., III. Versammlung zu Baden-Baden*, 60.
- 32) *Zeitschr. f. Hyg. und Infektionskrankh.* (1893) 15. Bd. 72.

C. Klosett-Systeme¹.

Unter Klosett versteht man eine in geschlossenen Räumen befindliche Sitzeinrichtung zur Defäkation.

Man muß von einem gut eingerichteten Abort fordern, daß er 1) genügend groß ist, 2) aus Materialien hergestellt ist, welche durch die Fäkalien und aus ihnen sich entwickelnden Dünste nicht zerstört werden, 3) Schutz der entblößten Körperteile gegen Zugluft und Kälte bietet, 4) gut beleuchtet und 5) gut ventiliert und möglichst geruchlos ist.

Bei jedem Abort hat man 1) den Abortraum, 2) die eigentlichen Aborteinrichtungen zu unterscheiden. Zu diesen gehört 1) das Abortbecken (Schüssel, Trichter, Pfanne, Cuvette genannt), 2) der Abortsitz, der in der Regel aus Sitzplatte (Spiegel), Sitzöffnung (Brille) und den Abschlußwänden besteht. Meistens wird der Abortsitz von einem Kasten gebildet, worin unmittelbar unter der Brille der Trichter angebracht ist. Dessen Außenwände dienen als Stütze und schließen den Kastenraum, wenigstens nach vorn, meistens auch seitlich, und bei den tragbaren, transportablen Aborten auch nach hinten ab. Bei den feststehenden Aborten geht der Trichter in das Abortrohr über, um die Exkremente in die Gruben oder Tonnen zu befördern; bei den tragbaren Aborten befindet sich direkt unter dem Trichter ein beweglicher Behälter.

Die Aborträume dürfen nicht zu klein sein. Mindestens soll die Breite 80 cm, die Tiefe 1 m bei nach außen sich öffnender Thür und 1,25 m bei nach innen sich öffnender Thür betragen, am besten ist es, 1 m Breite und 1,50 m Tiefe zu nehmen. Sehr wünschenswert ist noch ein besonderer Vorraum vor den Aborten. Die einschließenden Wände und Decken sollen so dicht hergestellt werden, daß die Stinkgase nicht in andere Räume dringen können, daher möglichst massiv, oder Fachwerk mit dichtem Putz. In Aborträumen, in denen mehrere Abort nebeneinander aufgestellt sind, kann man mit Oelfarben gut gestrichene hölzerne Zwischenwände anwenden. Die Ventilation und Beleuchtung bei Tage soll durch ein mindestens 25 cm im Quadrat haltendes Fenster hergestellt werden. Die Thür der Abortzelle ist mindestens

60 cm breit zu nehmen, von innen und von außen verschließbar. Um ein Einfrieren der Aborteinrichtung zu verhindern, ist der Abort in die Nähe eines Schornsteins zu legen oder mit Heizvorrichtung zu versehen.

Was die inneren Aborteinrichtungen anbetrifft, so pflegt man die Sitzplatte horizontal zu legen, für Erwachsene 46—47 cm über dem Fußboden, der Länge des Unterschenkels entsprechend, für Kinder in Schulen niedriger, der Höhe der Schulbänke proportional. Mindestens muß die Sitzplatte eine Tiefe von 50 cm haben, bei komplizierten Vorrichtungen 60 cm. Am besten wird sie aus hartem Holze (Eichen-, Mahagoni-, Birnbaumholz) hergestellt und hell in Naturfarbe poliert, bei weichem Holze ist ein hellfarbiger Lackanstrich zur Erkennung von Unreinlichkeiten anzuwenden. Die Sitzöffnung wird kreisförmig (26—32 cm Durchmesser) oder noch besser elliptisch oder eiförmig (26—32 cm lang und 18—23 cm größte Breite) hergestellt, von der Vorderkante des Sitzbrettes 6—8 cm abstehend. Das Brillenloch ist mit einem schweren, möglichst dicht schließendem Deckel zu versehen oder noch besser dieser mit seiner rückwärtigen Kante klappbar einzurichten. Die vordere Abschlußwand besteht meistens aus Holz.

Das Abortbecken, einem Trichter ähnlich, stellt die Vermittelung her zwischen Brille und Abortröhre und muß sich diesen in der Form oben und unten anschließen. Uebrigens giebt es eine außerordentliche Mannigfaltigkeit in der Form der Abortbecken, je nach dem Klosett-system verschieden, namentlich bei den Wasserklosetts. Als Material nimmt man am besten Steingut, Fayence, Porzellan. Emailliertes Eisen verliert im Laufe der Zeit das Email und ist dann dem Rosten sehr ausgesetzt.

Die Vermittelung zwischen Aborttrichter und Grube, Tonne oder Kanal stellt das Abtrittsrohr dar, welches für das gute Funktionieren einer Abtrittsanlage von großer Bedeutung ist. Am besten ist es, wenn man möglichst weite Abortrohre wählt (in Deutschland und Oesterreich durchschnittlich 20 cm und darüber) und dieselben senkrecht vom Trichter abgehen läßt. Als Material wählt man innen emailliertes Eisen, glasiertes Steinzeug und Asphalt. Um Einfrieren im Winter zu verhüten, legt man die Rohre in geheizte Rinnen oder in die Nähe des Schornsteins. Sonst müssen besondere Heizvorrichtungen angebracht werden.

(Näheres und Ausführlicheres siehe im Handbuch der Architektur, 3. Teil, 5. Bd., 201 u. ff., 215 u. ff. und 289 u. ff.)

Neuerdings sind Vorschläge gemacht, die Sitzhöhe zu verkleinern. S. Steinthal² empfiehlt, die Klosetts mit so niedrigem Sitze anzulegen, daß bei der Defäkation ein Niederkauern möglich ist, also ungefähr in der halben Höhe der jetzt üblichen.

Es soll dadurch beigetragen werden zur Bekämpfung des jetzt immer allgemeiner auftretenden Uebels der Verstopfung, indem man die natürlichen Kräfte, wie Bauchpresse durch Bauchmuskeln und Zwerchfell, in der niederkauernden Stellung besser ausnutzen kann als in der allgemein üblichen sitzenden Stellung und dadurch die täglich mehr und mehr angepriesenen und vom Publikum benutzten Abführmittel, die den Darm der freiwilligen Thätigkeit immer mehr entwöhnen, entbehrlich werden könnten. Derartige niedrigere Klosetts sollen in Frankreich schon ziemlich allgemein verbreitet sein.

Noch weiter geht nach dem Berichte von Vallin³ ein Dr. Zavitziano in Konstantinopel.

Er fordert, daß die Defäkation in kauender Stellung ähnlich wie bei den Tieren oder dem Menschen in der freien Natur vorgenommen wird, ohne irgend welchen Sitz als Stützpunkt, und rühmt die sogenannten türkischen Latrinen, große Kabinetts mit Marmorfußboden, in der vorderen Hälfte ein kleines Bassin von 5—6 cm Tiefe und dahinter in der Grenzlinie vom 2. zum 3. Drittel eine Oeffnung von 10 cm Durchmesser, die mit dem vorderen Bassin durch einen 30—40 cm langen und 4—5 cm breiten Kanal verbunden ist, mit Wasserspülung von allen Seiten. Aehnliche Einrichtungen habe ich wohl auf italienischen Bahnhöfen gesehen. Die Vorteile dieser Einrichtung liegen nach Zavitziano darin, daß die Defäkation durch eine normalere kräftigere Bauchpresse rascher vor sich geht, und daß namentlich in öffentlichen Klosetts eine Uebertragung von Krankheiten durch die Sitzbretter nicht stattfinden kann.

Wenn auch zugegeben werden soll, daß es ärztlich-hygienisch betrachtet, manches für sich haben würden, in vieler Beziehung die Lebensgewohnheiten des Menschen wieder mehr dem Einfacheren zuzuführen, so ist doch nicht anzunehmen, daß bei dem jetzigen Stande der Civilisation eine Rückkehr zu so urtümlichen Verhältnissen denkbar ist.

Die jetzt allgemein gebräuchlichen Klosettsysteme beruhen darauf, daß schon im Klosett selbst Einrichtungen getroffen sind, die entweder eine Desinfektion oder Desodorierung der Exkremente bezwecken, ehe dieselben in die Grube oder Tonne gelangen, oder die entleerten Exkremente sofort aus dem Klosett oder der Wohnung entfernen, bez. darin durch Feuer eintrocknen oder zerstören.

Zu dieser letzteren Gruppe von Klosetts gehören

1) die Wasserklosetts, welche die entleerten Exkremente sofort in einer gewissen Quantität Wasser aufnehmen und dann durch Wasserspülung in die Kanäle fortschwemmen. Ueber diese wird in dem Abschnitt über „Kanalisation“ eingehender berichtet werden.

2) Feuerklosetts. Wir wollen hier erwähnen:

a) das Feuerklosett von August Scheiding in Berlin⁴, besprochen in der 4. Versammlung des Vereins gegen Verunreinigung der Flüsse etc. zu Mainz;

b) das Klosett von Julius Swiecianowski⁵ in Warschau, ein Apparat, der die festen Exkremente durch einen unter dem Klosette befindlichen Ofen in Poudrette verwandelt und den Urin in Torf aufsaugt;

c) das Klosett von J. D. Smead⁶, ein Trocken- und Verbrennungsapparat für Fäkalien. Die Fäkalien werden unmittelbar nach der Entleerung von einer erhitzten Pfanne aufgenommen, getrocknet, karbonisiert und zu Asche verbrannt.

d) das Feuerklosett von Seipp und Weyl^{5a}, von dem Fig. 33 (S. 92) ein Bild giebt.

Im Keller des zweigeschössigen Hauses ist der Verbrennungsofen des Feuerklosetts aufgestellt. Derselbe besteht im wesentlichen aus 2 Teilen:

a) aus zwei Walzen. Auf diese fallen die Fäkalien und breiten sich auf denselben, wenn die Walzen gedreht werden, in dünner Schicht aus. Die Drehung der Walzen erfolgt beim Oeffnen und Schließen der zum

Klosett führenden Thür mittels eines Drahtseiles, das an der Thür befestigt ist; b) aus der Feuerungsanlage. Zur Heizung dient Holz oder Kohle. Das Feuer bestreicht die Walzen und verbrennt die Fäkalien. Auch das Feuer wird durch das oben erwähnte Drahtseil reguliert, indem ein Schüttelrost eine um so größere Menge Brennmaterial hergiebt, je häufiger das Klosett benutzt wird. — Der Verbrauch von Feuerung ist

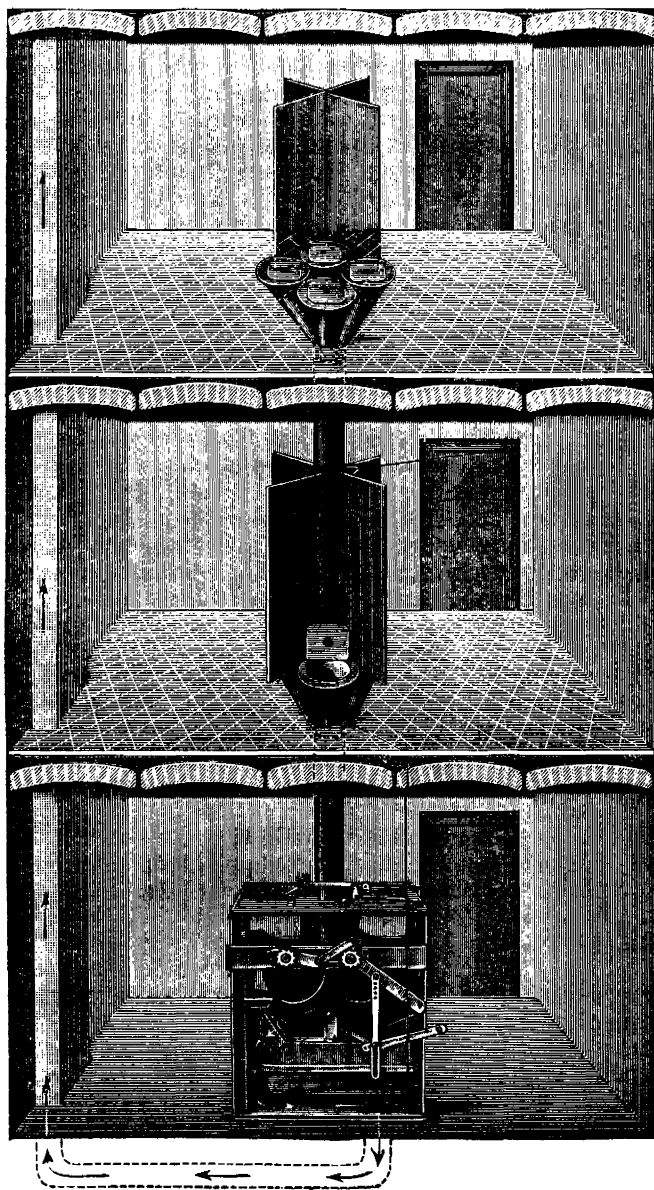


Fig. 33. Feuerklosett von Seipp-Weyl.

gering. Die Resultate des neuen Apparates sollen günstige sein. Ein einziges Fallrohr verbindet alle Klosetts beider Geschosse mit dem Ofen.

Bei der ersten Gruppe von Klosetts bestehen die Desinfektions- oder Desodorierungseinrichtungen darin, daß man entweder

1) die flüssigen und festen Exkremeute schon bei der Entstehung trennt, oder

2) den Exkrementen desinfizierende oder desodorierende Substanzen zusetzt, oder

3) die Trennung der flüssigen und festen Exkremeute mit Desinfektion oder Desodorierung verbindet.

Bei der Gruppe 2 (Feuerklosetts) ist die Desinfektion naturgemäß eine durchaus vollkommene. Derartige Apparate würden daher, wenn sie ohne Störung funktionieren, der öffentlichen Gesundheit wesentliche Dienste leisten können.

1. Klosetts mit Trennung der festen und flüssigen Exkremeute, ohne Zusatz desodorierender oder desinfizierender Mittel.

Da erfahrungsgemäß durch Trennung des Urins vom Kote eine gewisse Geruchlosigkeit erzielt wird, weil die festen Exkremeute nach der Abkühlung trocknen und ihren Geruch fast ganz verlieren, der Urin aber erst nach einiger Zeit zu faulen beginnt, hat man eine große Menge von Vorrichtungen getroffen, um schon im Klosett selbst den Urin von den Exkrementen zu trennen.

1) Die sogenannten Chaises percées⁷, wie sie in früheren Jahrhunderten in Frankreich und auch in Deutschland vielfach in Gebrauch waren, hatten eine durch eine senkrechte Scheidewand geteilte Pfanne, deren vorderer Teil zur Aufnahme der flüssigen, der hintere zur Aufnahme der festen Exkremeute diente.

Auf ein feststehendes Klosett angewandt, führte dies Prinzip zu dem

2) schwedischen Luftklosett (Fig. 34 und 35 S. 94 und 95). Unter dem Sitzbrette ist nach A. Müller⁸ ein flacher Trichter angebracht, welcher den Harn aufnimmt und durch eine abwärts führende Röhre in einen ringförmigen Behälter am Fuße des Nachtstuhls leitet. Die festen Exkremeute fallen in einen hinten stehenden eisernen Behälter. Ventilation wird dadurch hergestellt, daß von der Rückwand ein Abzugsrohr nach dem Schornstein führt und in der Vorderwand Oeffnungen zur Zuführung der frischen Luft angebracht sind. 1855 wurden diese Klosetts zuerst von Marino & Co. in Stockholm hergestellt (daher auch der Name „Marino's Klosett“), dann 1858 in Kopenhagen bekannt⁹ und Anfang der 60er Jahre in Deutschland. Töpfer in Stettin und Mehlhose in Berlin trugen viel zur Verbreitung des schwedischen Luftklosetts bei.

3) Eine Reihe von Einrichtungen zur Trennung der flüssigen und festen Exkremeute im Abortrohre sind namentlich in Frankreich erfunden und zur Ausführung gekommen, meistens beruhen sie darauf, daß bei Rohrerweiterungen der Urin infolge der Adhäsion an den Rohrwandungen herabfließt, während die festen Exkremeute, dem Gesetze der Schwere folgend, größtenteils vertikal herabfallen. Nach dem Handbuch der Architektur, 3. Teil 5. Bd. 293 u. ff. und der Zeitschrift des österr. Ingen.- und Arch.-Ver. 1881, 44 und 45, wo

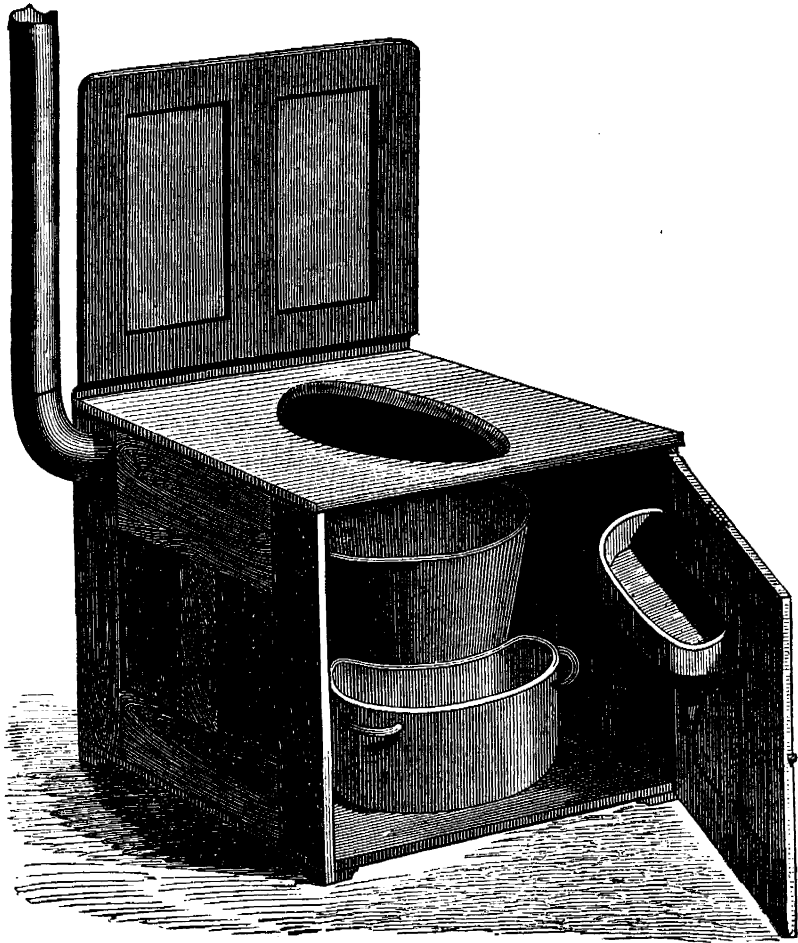


Fig. 34. Schwedisches Luftklosett als Zimmerklosett.

das Nähere in den Beschreibungen und Abbildungen zu finden ist, erwähnen wir hier den Separator von Tacon, Chavoutier, Fortin und Lagrue.

2. Klosetts mit Trennung der festen und flüssigen Exkremente und Zusatz von desodorierenden oder desinfizierenden Mitteln.

Als Desinfektionsmittel wird hauptsächlich der Aetzkalk angewandt, zuerst vorgeschlagen von Payen, dann von A. Müller und später in den Mosselmann'schen und Müller-Schür'schen Systemen benutzt.

1) Mosselmann's Klosett (Fig. 36 S. 96). Das Verfahren (zuerst war das System 1867 auf der Weltausstellung in Paris zu sehen) besteht darin, daß ein Klosett mit Diviseur aufgestellt wird, in dem

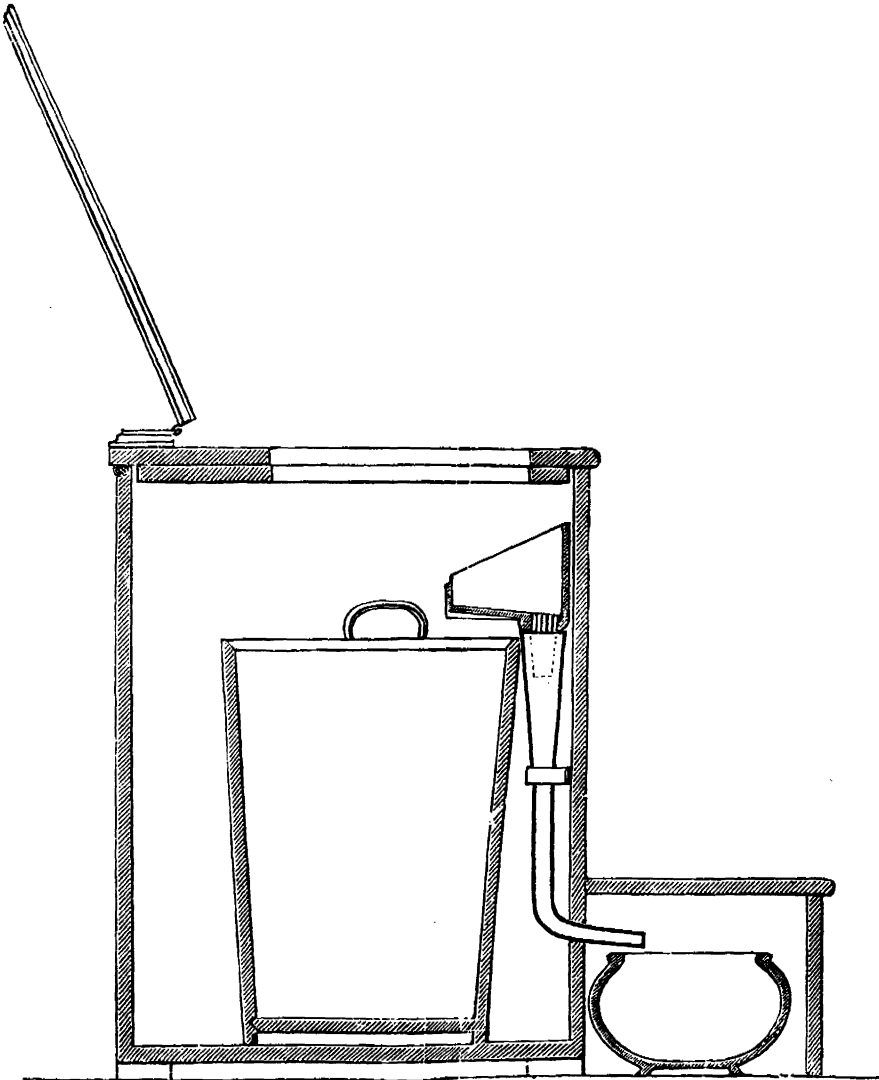


Fig. 35. Schwedisches Luftklosett. Querschnitt.

der Harn in ein besonderes Gefäß gelangt. In demselben befindet sich eine Kalkschicht, welche die Phosphorsäure zurückhalten soll. Die Faeces werden mit dem doppelten Gewichte von Kalk gemischt, dadurch vollständig eingehüllt und transportfähig. Es wird dabei aber ein großer Teil des Ammoniaks frei, welches sich verflüchtigt und die Luft verunreinigt.

Das System, das in einer Kaserne in Turin und im Grand-Hotel in Paris eingeführt wurde, hat den Nachteil, daß Ammoniak verdunstet und verloren geht und daß bei allgemeiner Anwendung eine enorme Menge von Kalk erforderlich wäre, welche den gewonnenen

Dünger zu kalkreich machen würde. Nach H. Billoguin „enthalten 100 Teile der nach dem Mosselmann'schen System gewonnenen Dungmasse 28,57—32,25 Proz. gebrannten Kalk, dem Boden würde also bei einer Düngung von 115—237 Kubikfuß pro Morgen 35,6—73,5 Kubikfuß gebrannter Kalk einverleibt werden. Durch den Kalkzusatz wird natürlich auch der Dünger bedeutend verteuert und die Möglichkeit eines weiteren Transportes verringert.“

Pro Kopf und Tag sind nach Kaftan¹⁰ mindestens 3,2 kg Kalk erforderlich. „Bei einer Bevölkerung von 100000 Menschen ergibt dies pro Tag 3200 Metercentner Kalk, was schon aus diesem Grunde das System für größere Städte unpraktikabel macht.“

2) Müller-Schür'sches Klosettssystem¹¹ entstand daraus, daß das schwedische Luftklosett nach den Vorschlägen von O. Schür mit einer Desinfektionsvorrichtung für die festen und flüssigen Exkremente versehen wurde (Fig. 37). Für die festen Exkremente wird ein Streupulver benutzt, das aus 100 Teilen gröblich gepulverten gebrannten Kalkes und aus 15 Teilen fein gepulverter Kohle besteht. Für jede Dejektion sind 1 Eßlöffel voll oder 15 g des Pulvers erforderlich. Entweder streut jeder, der das Klosett benutzt, das Pulver selbst auf, oder man bringt am hinteren oberen Teile des Klosetts einen

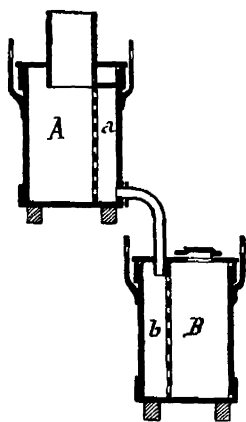


Fig. 36. Mosselmann's Klosett. *A* Abteilung für die festen Exkremente; *a* für den Urin; *b* Mischungsraum für den Urin mit Kalk; *B* Gefäß für den mit Kalk behandelten Harn.

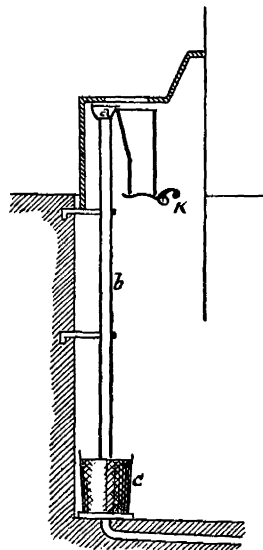


Fig. 37. Müller-Schür'sches Klosett.

Selbststreu-Apparat *k* (Fig. 37), ähnlich wie bei den Torfstreu-Klosetts, an, der nach Erheben vom Sitzbrett selbstthätig wirkt. Die Urinmengen werden in dem Gefäße *c* gesammelt, in das sie von dem Diviseur *a* aus durch *b* gelangen. Sie werden dann in einen auf dem Hofe aufgestellten, aus Weiden geflochtenen, sogen. Schwefelsäurekorb gegossen, der zu $\frac{3}{4}$ mit Torfgrus gefüllt ist und außerdem Abgänge aus Sodafabriken oder die Nebenprodukte der Mineralwasserfabriken (saure

schwefelsaure Magnesia) oder das Sauerwasser der Oelraffinerien enthält. Der Korb steht auf einigen Steinen, sodaß die durchtriefende Flüssigkeit in den Rinnstein abfließen kann. Der etwa 1 Kubikfuß fassende Eimer für die festen Exkremente reicht für 5 Personen für mindestens 4 Wochen, der Korb mit Torfgrus für 4—6 Wochen aus. Dann muß Wechsel, bezw. Erneuerung stattfinden.

Das Klosett hat seiner Zeit ziemlich weite Verbreitung gefunden.

Besonders empfohlen wurde es von Popper¹² und Alexander Müller¹³.

3) Streuabort von J. Kloß in Freiburg in Schlesien. Die festen und flüssigen Exkremente werden getrennt. Die letzteren laufen ab, die ersteren werden durch Kippen des Beckens in einen Kasten geworfen und daselbst mit Desinfektionsmasse bestreut (D. R.-P. 18964).

4) Ueber Passavant's verbesserten Erdabtritt siehe S. 99.

3. Klossetts mit Zusatz von desodorierenden und desinfizierenden Substanzen, ohne Trennung der festen und flüssigen Exkremente.

1. Streuaborte mit Chemikalien.

Von derartigen Aborten sind eine große Anzahl erfunden und ausgeführt.

M. Friedrich brachte im Sitzdeckel des Abortes eine Streubüchse an, die bei jedem Niederlegen des Deckels ein gewisses Quantum Desinfektionsmasse (Reichsdesinfektionspulver = Karbolsäure, Thonerdehydrat, Eisenoxydhydrat, Kalk und Wasser) einstreut. Aehnlich sind die Streuapparate von E. Oberländer in Stettin-Grünhof (D. R.-P. 16206, 16819 und 19428), Kleemann in Kattowitz (D. R.-P. 16218), F. Mundt in Bromberg (D. R.-P. 21612), Tischbein in Rostock.

2. Erdklosett.

Schon von Alters her benutzten die Menschen die Erde, um damit die Exkremente zu vermengen resp. dieselben damit zu verdecken und sich von dem unangenehmen Anblicke und Geruche zu befreien, eine Sitte, wie wir sie auch bei manchen Tieren, z. B. bei den Hunden oder Katzen finden, die nach der Defäkation mit den Hinterbeinen etwas Erde über die frischen Exkremente hinscharren.

Erst in neuerer Zeit wurden Abtrittsanlagen mit Anwendung der Erde als Desodorierungsmittel anempfohlen. Ein englischer Geistlicher namens Moule gab zuerst¹⁴ Anfangs der 60er Jahre ein bestimmtes Mengenverhältnis für die zu benutzende Erde an, hiernach hat das System den Namen des Moule'schen Erdklossetts bekommen.

Klossetts dieser Art waren in der einfachsten Form (Gruben oder bewegliche Behälter zur Aufnahme der Exkremente, die je nach Bedürfnis mit Erde bestreut wurden) schon 1863 in vielen Armenwohnungen in Bradford am Avon¹⁵ in Gebrauch.

Die nächste Verbesserung war eine Einrichtung, wonach jeder Defäkation durch einen leicht zu bewerkstellenden Handgriff ein Aufstreuen der erforderlichen Menge Erde folgte. Noch besser ist die Einrichtung, wonach man ähnlich, wie bei Wasserklosetts, die Exkremeute statt in Wasser in Erde fallen läßt. In öffentlichen Anstalten werden am besten automatische Vorrichtungen angewandt. Die Größe der Kasten, in denen die Exkremeute aufgefangen werden, richtet sich nach der Anzahl der die Abtritte benutzenden Personen. Bei geringerer Zahl eignet sich Thon oder Porzellan zum Material für den Kasten, bei größeren Mengen Eisen. In mehrstöckigen Häusern errichtete man die Erdklosetts in allen Etagen und konstruierte Fallrohre, welche die mit Erde gemischten Exkremeute direkt in eine gemeinschaftliche Grube oder einen beweglichen Behälter im Souterrain fallen ließen.

Es sind eine Reihe von Modifikationen bei den Erdstreuaborten erfunden, so das von Lascelles angewandte Patent rotary earth closet, ferner das self acting earth closet nach dem System der British sanitary company. Näheres darüber findet sich in der unter 21 und 21a angegebenen Litteratur.

Nach den gemachten Erfahrungen eignet sich am besten gewöhnliche lehmhaltige Gartenerde. Diese muß gut getrocknet, dann durch Siebung von den gröberen Klumpen gereinigt und an einem trockenen Orte aufbewahrt werden.

Die Menge der erforderlichen Erde hängt namentlich von der Quantität des Urins ab.

Nach Moule sollen für eine gewöhnliche Defäkation (125—150 g feste Exkremeute und 250—300 g Urin) $1\frac{1}{2}$ —2 Pfd. genügen, nach Virchow¹⁶ wären durchschnittlich 7 Pfd., nach A. Müller¹⁷ $5\frac{3}{4}$ kg erforderlich. Die hohen Zahlen von Virchow und A. Müller erklären sich vielleicht dadurch, daß während der ganzen Sitzung Erde auf die Exkremeute herabfiel, wenigstens habe ich im Feldzuge 1870/71, wo ich Gelegenheit hatte, in den in Pont-à-Mousson errichteten Feldlazaretten die uns zum Gebrauche für die Verwundeten übersandten Erdklosetts zu beobachten, gefunden, daß wir mit ca. 1—2 Pfd. Erde für jede Defäkation auskamen.

Da sich nicht fortwährend landwirtschaftliche Verwendung für die mit Exkrementen gemischte Erde findet, so müssen außerhalb der Ortschaften größere Behälter zur Aufbewahrung eingerichtet und hier von Zeit zu Zeit Mischungen der Massen vorgenommen werden. Nach 4 Wochen soll man dann selbst von den beigemengten Papierstücken nichts mehr erblicken können.

Die Desodorierung der Exkremeute beruht nach den Untersuchungen von Lissauer¹⁸ und Falk¹⁹ auf dem reichlichen Vorhandensein von Mikroorganismen in dem humushaltigen Boden. Deshalb kann man nach Moule eine Mischung von Exkrementen und Erde nach einiger Zeit und guter Trocknung wieder mit sehr gutem Erfolge zur Desodorierung benutzen.

Es liegen eine Reihe von praktischen Erfahrungen über das Erdklosett vor. So berichten Buchanan²¹, ferner Roth und Lex²² über zahlreiche Beispiele aus England (Schulen, Gefängnisse und viele Privathäuser von Lancaster und Dorchester, Lager von Wimbledon,

Irrenanstalt zu Broadmore, Fort bei Dover, Dörfer Halton und Aston-Clinton), Indien (Gefängnisse, Lazarette und Kasernen in Bombay und Madras) und Oesterreich (Lager in Bruck a. d. L.). Durchgehends wurden die Resultate als sehr günstige geschildert. In einer Schrift von Girdlestone²³ werden außerdem noch günstige Erfolge des Erdklosett-Systems angeführt aus Reading, Oscott, Maux auf der Insel Man. Spieß²¹ machte in Frankfurt a. M. Versuche mit demselben, die nicht vorteilhaft ausfielen.

Die Kosten werden von Buchanan ziemlich hoch veranschlagt, er berechnet für ein Dorf von 1000 Einwohnern 5200 Mark im Jahre, also pro Kopf 5,20 M.

Nach Krämer²⁴ gelingt es mit dem gleichen Volumen einer geeigneten Lehm- oder Mergelerde bei inniger Mischung derselben mit den täglichen, festen und flüssigen Exkrementen, sämtlichen Dungstoff zu binden und so der Landwirtschaft dienstbar zu machen.

Aus dem Gesagten ergibt sich, daß es möglich ist, mittels des Moule'schen Erdklosetts die Exkremente zu desodoriren. Von einer Desinfektion in unserem jetzigen Sinne kann aber nicht die Rede sein, da sich die in den Exkrementen enthaltenen pathogenen Mikroorganismen in dem Gemisch von Erde und Exkrementen ähnlich wie im gewöhnlichen Erdboden besser lebensfähig erhalten als in den flüssigen Jauchemassen.

Für ländliche Verhältnisse, einzelne Gebäude, militärische Sommerlager, kleinere Ortschaften etc. würde man das Erdklosett anwenden können, für größere Städte ist es absolut unausführbar, schon der Schwierigkeit halber, die großen Mengen Erde hinein- und die noch größere Menge mit Erde gemischter Exkremente hinauszuschaffen. Erisman²⁵ hat vollkommen Recht, wenn er zum Schlusse seines Artikels über Erdklosett sagt, „daß es sich nicht empfehlen würde, die Häuser, Höfe, Wohnungen einer Großstadt in Trockenanlagen für Kot und Erde umzuwandeln“.

In Deutschland beschäftigte sich mit dem genaueren Studium des Erdklosetts G. Passavant in Frankfurt a. M. Schon 1870 empfahl²⁶ er in seiner Vaterstadt die Anwendung der Erde zur Vermischung mit den Exkrementen in den Schulen. Später schlug er vor, analog wie beim schwedischen Luftklosett (S. 93) den Harn von den festen Faeces zu trennen.

Dieses Prinzip ist durchgeführt in

Passavant's verbessertem Erdabtritt²⁷ (Fig. 38 S. 100).

Die Einrichtung desselben ist folgende: Im Bodenraum des Hauses ist ein breiter Trichter vorhanden, der sich in ein bis zum Souterrain führendes Rohr fortsetzt. Die getrocknete Erde wird oben in den Trichter hineingeschüttet und giebt, ähnlich wie die Röhren in landwirtschaftlichen Gebäuden zum Einfüllen des Getreides, durch Aufziehen eines Schiebers Erde für das in jeder Etage stehende Erdklosett ab. Dieses selbst ist so eingerichtet, daß in seinem vorderen Teile ein Behälter zur Aufnahme des Harns vorhanden ist. Unter dem Fallrohr für die festen Exkremente ist eine eiserne Klappe eingerichtet, die, in der Ruhe horizontal stehend, den Luftabschluß nach unten bildet, sich bei Beschwerung mit Exkrementen öffnet und nur mit Erde bestreute Exkremente nach unten fallen läßt. Außerdem ist

neben dem Abtritt in jeder Etage ein Ausguß für Nachtgeschirre angebracht, der sich später abwärts mit dem Rohre für den Urin aus den Abtritten vereinigt. Die Ausflüsse beider gehen im Souterrain in einen auf 2 Rädern laufenden Kasten, der durch eine quer laufende Scheidewand in einen größeren vorderen Teil, der die mit Erde gemischten festen Exkremente aufnimmt, und einen hinteren kleineren Teil getrennt ist, der zur Hälfte mit Erde gefüllt wird und den Urin aufnimmt. Den abfiltrierten Urin kann man direkt in die Straßenkanäle gehen lassen, während der übrige Inhalt des Wagens der gewöhnlichen Abfuhr unterliegt.

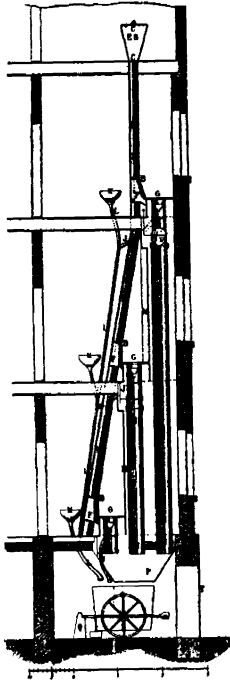


Fig. 38. Passavant's verbesserter Erdabtritt. *A* Deckel; *C* Drahtsieb; *EB* Erdbehälter von Holz oder Eisenblech; *E* Erdrohr; *B* Schieber zum Abschlufs des Erdrohres in den einzelnen Stockwerken; *K* Ausguß mit Klappdeckel für Nachttöpfe, zugleich Pissoir; *F* Erdzuführung zu den einzelnen Abtritten; *G* Sitz des Erdabtritts; *L* Ablaufrohr für den Harn; *I* Harnrohr; *H* Kotrohre (30–35 cm Lichtweite); *M* Holzverkleidung der Kotrohre; *P* Abweis zum Erdwagen; *O* Erdwagen; *Q* Unterlag- und Grenz-Stock des Wagens; *R* Abfluß des filtrierten Harns und sonstigen Gewässers; *T* Eiserner Thür zum Verschlusse des Wagentwölbes.

3. Aschenklosetts.

Auch die Vermengung der menschlichen Exkremente mit Asche scheint schon seit langer Zeit in Gebrauch zu sein. Die einfachste Art derselben findet nach Parkes³⁰ in vielen Ortschaften Nordenglands statt. Hinter den Wohnhäusern ist auf dem Hofe eine Grube angebracht, in der die Steinkohlenasche Aufnahme findet, ebenso wie die Küchenabfälle. In diese hinein werden durch die Abtritte direkt die Exkremente entleert.

Eine Verbesserung dieser Einrichtung hat man in Manchester vorgenommen. Mitgau³¹ beschreibt dieselbe folgendermaßen: „Die Abtritte sind meistens in gesonderten Häuschen und zu ebener Erde und haben zur Ventilation über die Dächer hinausreichende Röhren und an der Rückwand Siebekasten für Asche und Kohlen-

rückstände. Dieselben sind so eingerichtet, daß die feine Asche in die Fäkalientonne und die gröberen Stücke in den Müllkasten fallen, wie es beifolgende Zeichnung (Fig. 39) zeigt. Infolge der auf den Tonneninhalt fallenden feinen Asche und der Ventilation der Abtritte war ein bemerkenswerter Geruch in denselben nicht wahrzunehmen.“

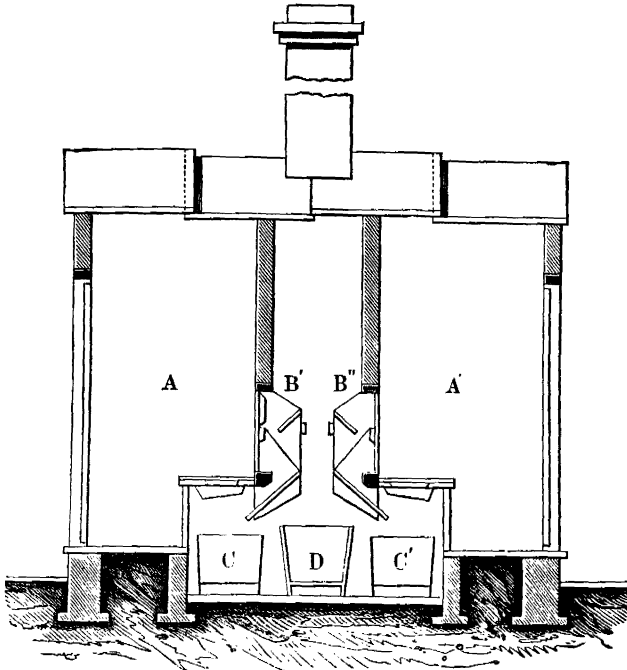


Fig. 39. Aschenklosett aus Manchester. *A A'* Abtritt, *B' B''* Siebkasten, *C C'* Fäkalientonne, *D* Müllkasten.

Das von Morell konstruierte Dry Ash-Closet ist insofern vervollkommenet, als es mechanische Vorrichtungen zum Streuen der Asche bietet³².

Tarjet³³ schlug vor, sämtliche feste Wohnungsabgänge, wie Kehricht, Lagerstroh, Asche u. s. w. mit den Exkrementen zu mischen.

Goux³⁴ (siehe Fig. 40 S. 102) ließ die Gefäße, welche die Exkremente aufnehmen sollten, mit Wollenabgängen, trockenem Pferdemit, Sägespänen, Häcksel etc. ausfüttern, einen Zusatz von schwefelsaurem Kalk und Eisenvitriol machen und nach Füllung in Tonnen entleeren, in denen dieselben dann eine Gärung durchmachen. Nach Roth und Lex³⁵, denen wir diese Notizen entnehmen, ist dies System in Salford ausgeführt.

Lehfeldt³² hatte Gelegenheit, es 1871 in Halifax, einer Stadt von 65000 Einwohnern, die ca. 650 Appartements nach diesem Verfahren in Benutzung hatte, zu beobachten und schreibt S. 52 a. a. O., „daß der Geruch aus den verschiedensten Appartements nach dem Goux-System, die ich besuchte, durchaus nicht belästigend war, wie ich auch solches auf der Fabrik selbst fand, wo allerdings nebenbei durch Chemikalien desinfiziert wird.“

Salmon schlug nach denselben Autoren pulverförmige Holzkohle vor, doch hat sich dies Verfahren als zu teuer und unsicher erwiesen.

Ebenso wie Steinkohlenasche wird auch Braunkohlen- oder Torfasche empfohlen.

Man kann in hygienischer Beziehung über die Aschenklosetts nur dasselbe Urteil fällen wie über die Erdklosetts. Diesen stehen sie jedenfalls darin nach, daß sie noch weniger desodorieren. Die Mengen von Asche, die erforderlich sind, wachsen zu ungeheuren Zahlen an. Erisman³⁶ berechnet, daß bei einer Annahme von 34 kg Kot pro Kopf und Jahr allein die für einen Menschen gelieferten Faeces 250 kg Torfasche brauchen. — Für größere Ortschaften ist daher ein solches System technisch vollkommen unausführbar.

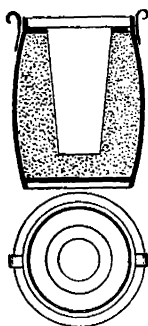


Fig. 40. Aschenklosett nach Goux. Längsschnitt u. Querschnitt.

Außerdem ist das Aschenklosett auch sehr teuer. E. Frankland teilte 1887 auf dem Wiener internationalen Kongreß für Hygiene mit³⁷, daß nach den Berichten der Rivers Pollution Commissioners nach offiziellen Angaben der betreffenden Stadtverwaltungen die Nettoausgaben auf den Kopf pro Jahr der Bevölkerung betragen in:

	d
Bolton	5
Bury	4,8
Oldham	11,6
Manchester	7,2
Salford	5
Liverpool	6,2
Blackburn	4,4

4. Torfstreuklosetts.

In den letzten Jahren sind die Erd- und Aschenklosetts durch die Torfstreuklosetts verdrängt worden.

Das Verfahren, die Exkremente zur Desodorierung mit Torfstreu zu vermengen, ist schon sehr alt. Anfang dieses Jahrhunderts wird die Verwendung der Torfabfälle zu Streuzwecken schon mehrfach in Deutschland erwähnt.

Liebig³⁸ empfiehlt den Landwirten, den Boden der Miststätten mit einer 4 Fuß hohen Schicht zerkleinerten Torfs zu bedecken, um alle Jauche darin aufzufangen und bei einmaliger jährlicher Erneuerung sämtliche wirksamen Bestandteile festzuhalten und den Untergrund vor jeder Verunreinigung zu schützen.

In den 50er Jahren empfahl Scharlau in Stettin den Torf zu Desinfektionszwecken städtischer Abfallstoffe und seit über 30 Jahren wird die Torfstreu in Schweden vielfach zur Vermengung der Exkremente in den Aborten benutzt.

Eyselein³⁹ in Blankenburg a. H. und Happe⁴⁰ in Braunschweig machten 1880 auf die hygienische Bedeutung der Torfstreu aufmerksam.

Einen größeren Aufschwung nahm die Verwendung von Torfstreu

durch die Errichtung der Torfstreifefabrik von W. Hollmann aus Wolfenbüttel 1880 in der Gegend von Gifhorn.

Der ersten Fabrik folgten bald weitere, sodaß die Zahl derselben in Deutschland auf ca. 70 stieg. Bald trat wieder eine Verminderung ein, sodaß jetzt wohl noch ca. 30 in Deutschland existieren mit einer jährlichen Gesamtproduktion von 1 300 000 Centnern. Namentlich die Torfmoore des nordwestlichen Deutschlands, in Oldenburg, Hannover, Braunschweig liefern das Material. Außerdem nehmen teil an dieser Produktion die östlichen Provinzen Preußens, Königreich Sachsen, Baden, Bayern und von anderen europäischen Staaten Oesterreich, Schweden und Norwegen, Dänemark, England, Holland und in neuerer Zeit auch Rußland.

„Unter Torf“^{41 42} verstehen wir ein mehr oder weniger fest zusammengepreßtes, verfilztes Gemenge abgestorbener Pflanzen und Pflanzenreste, welche durch eine sehr langsame Oxydation teilweise ihres Wasserstoffgehaltes beraubt und in Kohlenstoff übergeführt sind, die aber immer ihre pflanzliche Struktur noch erkennen lassen. Je nach der Masse der vorwiegend darin enthaltenen Pflanzen unterscheiden wir Moostorf (Moose: Sphagnen, Hypnen, Konferven, Algen), Wiesentorf (Gräser, Riedgräser, Wollgräser, Binsen, Carex, Scirpus, Eriophorum etc.), Haidentorf (Haidekräuter: Erica, Vaccinium, Calluna), Holztorf (vermoderte Holzarten, namentlich Krummholz [*Pinus Pumilio*]) und Meertorf (Seetangarten, Strandbinsen, Gräser, namentlich *Zostera marina*). Am besten eignet sich zu Streuzwecken in Aborten der Moostorf, der wesentlich aus 2 Moosarten, dem *Politrichum formosum* und dem *Sphagnum recurvum* besteht. Diese Pflanzen bewahren auch im verwesenen Zustande ihre eigentümliche Struktur, die darin besteht, daß die einzelnen Zellen keine geschlossenen Säcke bleiben, sondern später durchlöchert werden und Röhren bilden, die eine Flüssigkeit aufsaugen können. Beifolgende Abbildung (Fig. 41) giebt uns ein Bild der mikroskopischen Struktur der *Sphagnum-*

Fig. 41. *Sphagnum acutifolium*.

A Ein Teil der Blattfläche von oben gesehen.

cl chlorophyllhaltige Zellen.

f spiralförmige Zellen.

l Löcher in den großen leeren Zellen.

B Querschnitt des Blattes.

cl chlorophyllhaltige Zellen.

ls große leere Zellen.

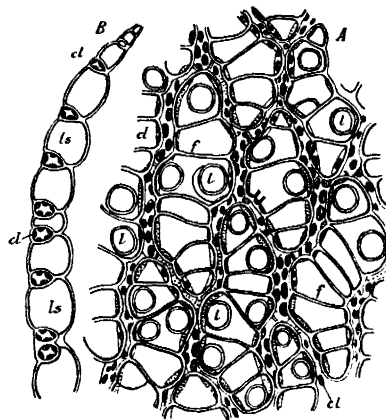


Fig. 41.

blätter. Je tiefer wir in den Torf hinabdringen, wie er in den Torflagern in der Natur ansteht, desto mehr geht die pflanzliche Struktur verloren, desto mehr ist der Holzstoff durch Oxydation des Wasserstoffs in ein Gemisch von Kohlenstoff und Huminsäuren verwandelt. Diese

Huminsäuren wirken nun bei der Vermengung mit Exkrementen fäulniswidrig, während auf der Struktur der Pflanzenfasern der Sphagnumarten die Aufsaugung der Flüssigkeiten beruht. Die unteren Schichten der Torflager enthalten sogen. reifen Torf, Baggertorf, Brenntorf, die hauptsächlich zu Heizzwecken verwandt werden, während die oberen Schichten, die man Fuchstorf, jungen Torf, Stechtorf, Fasertorf, weißen Torf oder speziell Moostorf nennt, das Material für die Torfstreuklosetts uns jetzt liefern. Früher waren sie als fast nutzlos ein lästiges Hindernismittel für die Gewinnung des eigentlichen Heiztorfs.

Dieser Moostorf wird nun im Frühjahr, Sommer oder Herbst gestochen, durch Wind und Sonnenschein an der Luft getrocknet (eine künstliche Trocknung hat sich wegen der hohen Kosten bisher nicht bewährt), dann in der eigentlichen Torfstreufabrik zerkleinert. Zunächst werden die vollständig lufttrockenen Torfstücke in einen Trichter geschüttet, der unten in einen sogen. Wolf, eine Zerreißmaschine, ausmündet, die in der Weise arbeitet, daß mit eisernen Haken versehene Walzen oder Trommeln oder Scheiben oder ein mit Flügeln nach dem Prinzip der Kaffeemühle versehenes Rad den Torf in Stücke bis zu Wallnußgröße zerkleinern. Diese werden durch ein gewöhnliches Paternosterwerk nach oben auf große Drahtsiebe mit 2—3 mm weiten Maschen gebracht. Der feinere, pulverförmige Torfmull geht durch das Sieb, die gröbere, faserförmige Torfstreu bleibt auf dem Siebe. Beides wird getrennt in einen im Boden angebrachten Trichter geschüttet, der nach unten in eine Hebelpresse führt. Diese formt die Torffabrikate in große, ca. 175 kg schwere, $1\frac{1}{4}$ m lange und $\frac{3}{4}$ m breite Ballen, die mit Längslatten versehen, mit Drähten umwunden oder für weiteren Transport in Jutesäcke eingenäht werden.“

Es kommt für die Verwendung alles darauf an, daß die Torfstreuballen möglichst trocken aufbewahrt werden, damit die Flüssigkeit aufsaugende Kraft möglichst stark wirken kann; über 30 Proz. Wasser dürfen sie vor dem Gebrauche nicht enthalten.

Die verschiedenen Torfarten zeigen hierin große Verschiedenheiten. Von A. Müller⁴⁴ ist die wasserbindende Kraft für folgende aus Deutschland stammende Torfarten zusammengestellt worden:

Wasseraufsaugende Kraft, berechnet für 100 Gewichtsteile wasserfreie Torfstreu bez. Torfmull		
Gifhorn, feinfaserig	(nach Wattenberg)	860,0
„ feinfaserig	(„ Fleischer)	1104,0
„ grobfaserig	(„ H. Schultze)	726,0
„ pulverförmig	(„ „)	953,0
Oberbayern, Torfstreu	(„ Schreiner)	496,0
„ Torfmull	(„ „)	658,0
Niederbayern, Torfstreu	(„ „)	450,5
„ Torfmull	(„ „)	722,5
Rheinpfalz, Torfstreu	(„ „)	510,0
„ Torfmull	(„ „)	678,0
Oberpfalz, Torfstreu	(„ „)	364,5
„ Torfmull	(„ „)	506,0
Oberfranken, Torfstreu	(„ „)	542,0
„ Torfmull	(„ „)	829,5
Schwaben, Torfstreu	(„ „)	572,0
„ Torfmull	(„ „)	688,0
Kölngr. Sachsen, Torfmull	(„ Schlimper)	978,0

Von C. Fürst⁴⁵ werden noch über folgende Torfstreusorten Angaben gemacht, die sich auf Ausstellungsprodukte der Berliner Moorkulturausstellung von 1887 beziehen.

Aktiengesellschaft für Torfstreufabrikation, vorm.	
Feodor Wolff & Co. in Bremen	1019,0
Rhöntorferwerk, Kommanditgesellsch. in Bischofs-	
heim vor der Rhön (Bayern)	1417,0

Außer der Fähigkeit, die Flüssigkeit aufzusaugen, hat die Torfstreu auch die sehr wichtige Eigenschaft, die Stinkstoffe und den Ammoniak durch die Huminsäure zu absorbieren. Nach Untersuchungen von Schlimper in Pommritz kann der Torfmüll von Jahnsgrün in Sachsen 1,83 Proz. Ammoniak aufnehmen, wovon 1,55 Proz. wirklich gebunden sind.

Nach den neuesten Untersuchungen kommt dem Torfmüll auch eine desinfizierende, d. h. bakterientötende Wirkung zu. Karl Schröder hat in dieser Beziehung zuerst 1891⁴⁶ unter der Leitung von Rubner in Marburg festgestellt, daß der Torfmüll die Fähigkeit besitzt, Infektionserreger in ihrer Entwicklung zu stören und zu vernichten. Dann haben A. Stutzer und R. Burri⁴⁷, ferner C. Fraenkel und E. Klipstein⁴⁸ festgestellt, daß Torfmüll allein die in den Exkrementen enthaltenen Krankheitskeime nicht mit Sicherheit abtötet, sondern daß noch Zusätze erforderlich sind, namentlich Säuren, um die keimwidrigen, auf dem Säuregehalte beruhenden, Fähigkeiten des Torfmülls zu erhöhen.

Letzthin hat Klipstein⁴⁹ diese wichtigen Eigenschaften des Torfes in einer Arbeit weiter verfolgt, die sich mit Torfmüllpräparaten beschäftigt, denen fabrikmäßig Phosphor- und Schwefelsäure zugesetzt war. Choleravibrionen waren bei Torf, mit 10 Proz. Schwefelsäure vermengt, in längstens 5 Stunden, in Torf, mit 10 Proz. Phosphorsäure gemischt, in 15 Minuten, Typhusbacillen in genanntem Schwefelsäuretorf in längstens 12 Stunden, in genanntem Phosphorsäuretorf in 10 Stunden abgetötet.

Erfahrungsgemäß eignet sich die Torfstreu besser für Viehställe, während der Torfmüll die geeignetste Verwendung in den Aborten der Menschen findet. Man rechnet im Durchschnitt pro Person und Tag 150 g Torfmüll. Entweder wird dieser in der Weise angewandt, daß man die Senkgrube nach vorheriger Räumung mit Torfmüll austreut (30—40 cm hoch) und dann von Zeit zu Zeit Vermengung von Fäkalien und Torfmüll eintreten läßt und nachstreut, oder daß bei jeder Defäkation Torfstreu aufgestreut wird. Ähnlich wie bei dem Passavant'schen verbesserten Erdabtritt (S. 99) kann dies in automatischer Weise geschehen. Das erste derartige Torfstreuklosett ist von Bischleß und Kleucker (Fig. 42, S. 106) in Braunschweig konstruiert. Es beruht darauf, daß beim Schließen des Deckels ein halber Blechcylinder, der vorher beim Öffnen des Deckels mit seiner offenen Seite sich in einen mit Torfmüll gefüllten Kasten nach oben wandte und mit Torfmüll sich gefüllt hatte, sich nach unten dreht und seinen Inhalt auf die frischen Exkremente entleert.

Ähnlich ist der Streuabort, den L. Meyerding (D. R.-P. No. 17567) in Braunschweig konstruiert hat. Bemerkenswert ist dabei die Einrichtung, daß ein Rührwerk in dem mit Torfmüll gefüllten Kasten ein Zusammenballen des feinen Torfmülls verhindert. — L. Meyerding, H. Cuers und P. Frank in Braunschweig haben

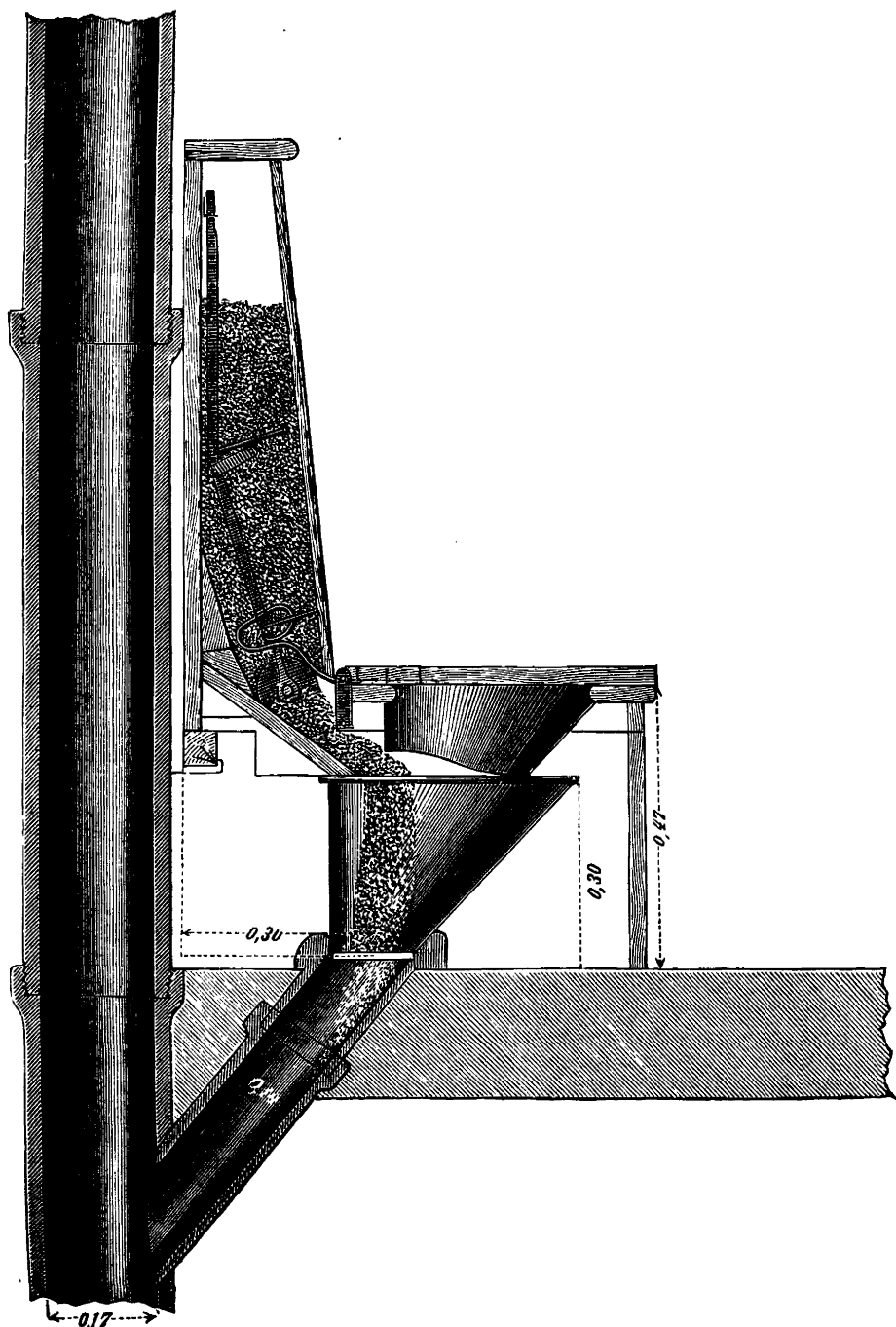


Fig. 42. Torfstreu-Klosette von Bischleb und Kleucker im Querschnitte.

eine selbstthätige Streueinrichtung in der Weise (D. R.-P. No. 15830) hergestellt, daß beim Oeffnen und Schließen der Abortthür ein Ausfließen von Torfmüll in das Abtrittsbecken stattfindet.

Eine andere Streueinrichtung finden wir in Poppe's⁵⁰ Torfstreuklosett (Fig. 43 und 44). Beim Schließen des Deckels wird durch einen Hebel ein mit Torfmüll gefüllter Schlitten gegen den Gang

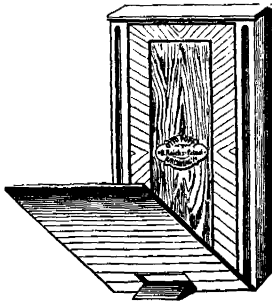


Fig. 43.

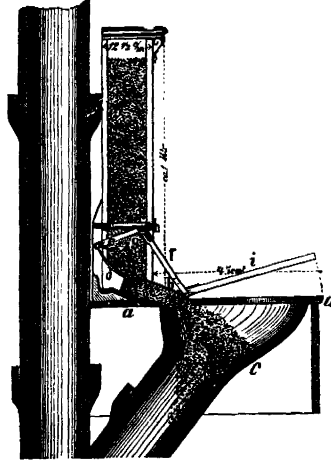


Fig. 44.

Fig. 43. Poppe's Torfstreukasten.
Fig. 44. Poppe's Torfstreukasten,
Querschnitt.

zwischen mit Torfmüll gefüllten Kasten und Sitz gedrückt; beim Aufstehen schnellt der Schlitten zurück und eine regulierbare Menge Torfmüll fällt den Exkrementen nach.

„Es ziehen die Arme *f* Fig. 44 mittels des Zapfen *g* die Hebel *e* nach unten, mit diesen den Schlitten *d* nach vorn. Durch die Längendifferenz zwischen *gk* und *gh* wird ein kräftiges Vorschleudern des Schlittens hervorgebracht und der beim Heben des Deckels *i*, wodurch der Schlitten *d* zurückgezogen wird, in den Kanal *b* eingefallene Torfmüll in den Sitztrichter *c* verteilt. Der hervorstehende Teil der am Boden des Aufsatzkastens befindlichen Eisenbrücke (Nase) (siehe Fig. 43) wird in dem hinteren Teil des Sitzbrettes *a* eingelassen, hierauf der Kasten gestellt und die Function desselben kann beginnen.“

Smolian⁵¹ hat gleichfalls eine besondere Streuvorrichtung vorgeschlagen, die bei jeder Benutzung selbstthätig wirkt.

Neuerdings ist das Torfstreusystem und besonders das Gehring'sche Torfmüllklosett⁵² warm empfohlen worden.

Dasselbe (D.R.P. No. 57 224) ist folgendermaßen konstruiert (siehe Fig. 45, S. 108): „Auf dem ovalen Trichter von emailliertem Gußeisen ist der hölzerne Klosettsitz angebracht. Der Trichter hat eine senkrechte Rückwand und ist mit einem Wasserspülrande versehen, einerlei ob Wasserspülung angewendet und der Spülrand in Benutzung genommen wird oder nicht. Der Trichter ist so eingerichtet, daß eine sofortige Trennung der festen und flüssigen Stoffe stattfindet. Der Trichter ist am unteren Auslasse mit einer emaillierten Klappe abgeschlossen, welche so beschaffen ist, daß alle auf sie niederrieselnden

Flüssigkeiten und Wasser seitlich abgeführt werden und zwar in dasselbe Wasserabführungsrohr, in welches schon der Trichter seine flüssigen Stoffe abgiebt. Dadurch werden die Flüssigkeiten getrennt und vermittels des sichtbaren engeren Wasserrohres entweder einem Rinnsaale oder Kanale zugeführt, während die festen Fäkalien, eingebettet in Torfmull, zur Grube oder Tonne gelangen. Der Vorgang vollzieht sich mechanisch. Der Klosettsitz hat einen beweglichen Deckel, welcher in der Regel geschlossen ist. Wird behufs Benutzung des Klosetts der Deckel geöffnet, so öffnet sich gleichzeitig der untere Klappenteller nach abwärts und öffnet das Abfallrohr zur Müllgrube. Gleichzeitig mit dem Oeffnen der Klappe fällt aus einem unter dem Sitze angebrachten Torfmullkasten ein bestimmtes Quantum Torfmull in die Grube oder Tonne

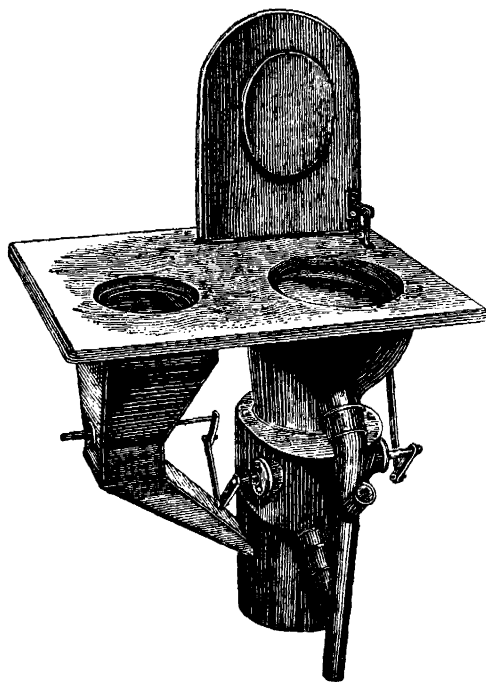


Fig. 45. Gehring'sches Torfmüll-Klosett.

Torfstreu klosett auch Konstruktionen für eine ganze Wohnung angegeben, in denen nicht jedes Klosett für sich seinen Kasten mit Torfmull hat, sondern dieser in Röhren, die durch einen Trichter oben auf dem Boden geführt werden, nach den in jeder Etage befindlichen Klosetts hinabgeführt wird. Unter jedem Klosett ist ein Eimer angebracht, der in bestimmten Zeiträumen abgeholt und durch einen reinen Eimer ersetzt wird. In Braunschweig hat ein Herr Spierling die Beaufsichtigung der Torfstreu klosetts und den Vertrieb der Apparate übernommen. Je nach Bedürfnis werden die Klosetts 2—3 mal wöchentlich entleert. Der Torfstreudünger wird auf Plätze vor der Stadt gefahren, kompostiert und an die Landwirte zu Dungzwecken verkauft.

als möglichst trockene Unterlage für die nachfolgenden festen Fäkalien. Der Urin gelangt in das Wasserrohr. Nach der Benutzung wird der Deckel wieder zugelegt. Der Abschlussteller schließt den Trichter wieder ab, und die Mülltrommel streut wieder ein bestimmtes Quantum Torfmull über die frischen Abfallstoffe. — Das Klosett kann mit Spülapparat verbunden werden, wodurch bei unten geschlossenem Deckel der ganze Trichter gereinigt und das Wasser in die Wasserabzugsröhre geleitet wird. — Es kann noch ein besonderes Torffilter zugegeben werden, durch das die ablaufenden Flüssigkeiten gereinigt werden.“

Aehnlich wie Passavant beim Erdbtritt (S. 99), haben Bischleib und Kleucker beim

Eine unangenehme Geruchsentwicklung ist weder in den Klosetts, noch bei dem Transporte der Eimer, noch an den Komposthaufen zu bemerken.

Gelangen die Exkremente direkt in mit Torfstreu versehene Gruben, so ist die aufsaugende Kraft derselben so groß, daß das Erdreich nicht verunreinigt wird, wie das Beckurts und ich ⁴¹ ⁴² durch eine Reihe von Bodenluftuntersuchungen nachgewiesen haben.

Da die Menge Torfstreu, die für eine Defäkation erforderlich ist (ungefähr 50 g), an Gewicht ca. 20mal geringer ist als die notwendige Menge von Erde bei den Erdklosetts, so ist in entsprechenden Fällen das Torfstreuklosett weit empfehlenswerter als das Erdklosett, natürlich auch als das Aschenklosett, welches noch weniger aufsaugende und desodorierende Eigenschaften hat als das Erdklosett.

Der aus den Torfstreuklosetts resultierende Dünger ist für die Landwirtschaft ziemlich wertvoll. Folgende Analysen geben nach A. Müller ⁴⁴ und R. Blasius ⁴¹ ⁴² darüber Aufschluß:

Analytiker	Wasser	Prozente				
		Organische Substanz	Asche	Stickstoff	Phosphorsäure	Kali
Hugo Schultze (Braunschweig)	83,10	14,60	2,30	0,78	0,22	0,28
Max Müller (Hildesheim)	79,46	17,47	1,70	0,41	0,26	?
Schimper (Pommritz)	87,97	10,85	1,18	0,69	0,18	0,21

Ueber die Kosten der städtischen Abfuhr bei Torfstreusystem habe ich nach Spierling's Angaben eine Berechnung angestellt. Für Entleerung je 1 Klosetts pro Jahr werden 12 M., für 2 Klosetts 20 M. und für jedes folgende Klosett 6 M. mehr erhoben, der Dünger wird verkauft, der Centner zu 25 Pfennig. Dabei entstand bei Berechnung sämtlichen gekauften Torfmülls und der Betriebskosten von Wagen, Pferden und Arbeitern mit Gegenrechnung des Düngerverkaufs pro Kopf und Jahr eine Netto-Ausgabe von 14 Pfennig.

Zerning ⁵³ will die flüssigen und festen Exkremente mit Torfmüll und Steinkohlenpulver zu Brennmaterial verarbeiten und die sich abtrennenden Flüssigkeiten klären. Kapacinsky und Borsiko-Chadisco ⁵⁴ machen neuerdings den Vorschlag, statt des feineren Torfmülls die gröbere Torfstreu aus den obersten Schichten des Torfgrundes zu nehmen, 4 Proz. der Torfmasse zu den festen, 10 Proz. zu den flüssigen Exkrementen zuzusetzen, und daraus Heizmaterial herzustellen.

Darüber läßt sich nur Aehnliches sagen, wie über die Petri'schen Fäkalsteine (S. 80).

Günstig spricht sich noch G. Schuster ⁵⁵ über das Torfstreusystem aus, indem er es namentlich für kleinere Städte bis 20 000 Einwohner empfiehlt.

Nach Jünger ⁵⁶ sind automatische Torfstreuklosetts in Deutschland außer in Braunschweig namentlich in Hannover, Küstrin und Stade eingeführt; in Schweden jetzt auch in Gothenburg und Christian-sund, in Dänemark in Helsingör. Ueberall hat das System sich gut bewährt, nur nicht in den Schulen, weil die Kinder erfahrungsgemäß sich ein besonderes Vergnügen daraus machen, nach dem Gebrauche der Klosetts den Deckel so lange zu schließen und zu öffnen u. s. w., bis der zum Streuen vorhandene Torfmüll sich gänzlich entleert hat.

Im ganzen müssen wir unser Urteil über das Torfstreusystem daher dahin zusammenfassen, daß es sich für kleinere Häuser, manche öffentliche Anstalten, kleinere Ortschaften oder entlegene Straßen in größeren Städten, die sich der allgemeinen Kanalisation schwer anschließen lassen, als das beste und angenehmste Verfahren, die Fäkalien unschädlich zu machen und wegzuschaffen, empfiehlt, da es imstande ist, die Fäulnisvorgänge zu unterdrücken, Fäulnisgase zu binden, das widrige Aussehen der Exkremente zu beseitigen und, bei entsprechendem Zusatz von Säuren, pathogene Bakterien in kurzer Zeit abzutöten.

Anhang.

Pissoirs⁵⁷.

Zur Abführung des Urins werden für das männliche Geschlecht eigene Einrichtungen getroffen, Pissoirs, die in vielen Beziehungen von hygienischer Bedeutung sind. Zunächst findet dadurch für einen nicht geringen Teil der menschlichen Exkremente eine Trennung der festen und flüssigen Massen statt, dann ist es von Bedeutung, daß der ausgetrocknete Urin, der an den Wandungen der Gefäße hängen bleibt, leicht einen üblen Geruch verbreitet, der die Luft verunreinigt; endlich enthält der Urin sehr viel organische zu Fäulnis geneigte Stoffe und häufig pathogene Mikroorganismen, die man von Grundwasser und Boden möglichst fern halten soll.

Für den letzten Punkt ist es von Bedeutung, den Urin aus den Pissoirs ganz von denselben hygienischen Grundsätzen aus zu betrachten, wie die Exkremente bei den bisher kennen gelernten Abfuhrsystemen und bei der Schwemmkanalisation.

Um den Geruch des austrocknenden Urins zu vermeiden, hat man versucht, denselben in den Trockenpissoiren z. B. mit Torfstreu zu mischen, d. h. in die Pissoirs große Mengen Torfmüll zu bringen, die den Urin aufsaugen. Man wählt dies Auskunftsmittel, wenn man keine Kanalisation hat, z. B. auf manchen Bahnhöfen⁵⁸ oder bei zeitweise zusammenkommenden größeren Menschenmengen, wie man es z. B. auf dem Truppenübungsplatze des X. Armeekorps bei Munster beobachten kann. Vollständig wird der Geruch dadurch allerdings nicht beseitigt. Man hat schon seit längerer Zeit versucht, die vom Urin benetzten Flächen mit Oel zu bestreichen, damit der Urin daran nicht haften kann. Beetz in Wien hat eine Oelkomposition angegeben, die zu gleicher Zeit desodorierend und desinfizierend wirken soll und auch einen Oelsiphon als Geruchsverschluß gegen die Sielleitung konstruiert. Am besten und sichersten wirkt immer die Wasserspülung, nur muß man dabei Sorge tragen, daß die Abflüsse der Pissoirs in das Kanalsystem eingeleitet werden.

Bei der Spülung der Pissoirs unterscheidet man eine kontinuierliche und periodische. Die kontinuierliche Spülung erfordert sehr viel Wasser, ist aber immer als die hygienisch beste anzusehen, bei der periodischen Spülung wird dieselbe entweder freiwillig vorgenommen oder selbstthätig oder intermittierend, indem in bestimmten Zwischenräumen das Wasser fließt. Im Winter müssen Einrichtungen gegen das Gefrieren des Wassers getroffen werden.

Je nach der Bestimmung des Pissoirs für einzelne oder viele Personen unterscheidet man Einzelpissoirs und Massenpissoirs.

a) **Einzelpissoirs.**

Dieselben bestehen in der Regel aus an der Wand befestigten Becken von emailliertem Gußeisen, Fayence oder Porzellan. Die Form derselben ist eine außergewöhnlich mannigfaltige, die praktischsten sind diejenigen, die an der vorderen Seite schnabel- oder lippenförmig verlängert sind. Die Fußböden unter dem Becken und Wände des Pissoirraumes müssen so beschaffen sein, daß sie dem ätzenden Einflusse des Urins widerstehen können. Die Spülung erfolgt durch ein im obersten Teile der Beckenwand angebrachtes Wasserzuleitungsrohr und muß sich in dünner Schicht über die ganze Innenfläche des Beckens erstrecken. Der Beckenboden wird mit siebartigen Löchern versehen, um Verstopfungen durch feste Körper zu vermeiden. Hier schließt das Abflußrohr an, das vor dem Einfluß in das allgemeine Kanalrohr mit einem Geruchverschluß versehen ist, um das Emporsteigen übler Gase zu verhindern.

Bei beschränktem Raume bringt man das Becken so an, daß es vor der Benutzung von der Wand heruntergeklappt wird. Derartige Einrichtungen lassen sich schwer so rein halten, wie feststehende Becken.

Aehnlich wie bei den Nachtstühlen hat man auch transportable Pissoirs konstruiert, die aber unmöglich geruchlos erhalten werden können und deshalb am besten nicht in Anwendung kommen.

b) **Massenpissoirs.**

Man unterscheidet, je nachdem der Urin unmittelbar in Becken oder Rinnen aufgenommen wird, Becken- oder Rinnenpissoirs. Bei den Beckenpissoirs ist entweder ein gemeinsames Becken vorhanden mit radiär stehenden Zwischenwänden, oder jeder Stand hat sein besonderes Becken und ist von den Nebenständen durch Zwischenwände abgetrennt. Bei einem Publikum, dem man Reinlichkeitsgefühl und Sorgfalt zutrauen kann, sind die Beckenpissoire den Rinnenpissoirs vorzuziehen. Bei den Rinnenpissoirs ist man von geteerten Holz- und Zinkrinnen fast ganz abgekommen und wählt jetzt natürliches Steinmaterial, am besten glatten Marmor oder Schiefer. Rückenwände und Zwischenwände werden gleichfalls am besten aus Marmor oder Schiefer hergestellt. Je nachdem man die Stände an einer Wand nebeneinander anordnet, oder fächerartig um einen Punkt, spricht man von Reihen- oder Wandpissoirs oder Fächer- oder Rundpissoirs. Bei den Wandpissoirs soll die Rinnschale mindestens ein Gefälle von $\frac{1}{40}$ besitzen, besser ist $\frac{1}{20}$ — $\frac{1}{15}$, um keinen zu langsamen Abfluß zu haben. Der Fußboden der Pissoirrinnen ist niemals aus Holz, sondern am besten aus Steinmaterial herzustellen, da Verunreinigungen mit Urin nicht vermieden werden können. Er muß deshalb immer Gefälle nach der Urinrinne hin haben. Die Rückwand ist vertikal anzulegen oder nach rückwärts geneigt, um das Spülwasser langsamer über die Flächen rieseln zu lassen. Bei der Spülung läßt man das Wasser von der Oberkante der Rückwand herabrieseln, entweder aus einem Rohre mit kleinen feinen Öffnungen oder aus einer offenen überlaufenden Rinne. Auch für die Möglichkeit, den Fußboden zu spülen, muß Sorge getragen werden.

Bei den Beckenpissoirs sind in Bezug auf Zwischenwände Fußboden und Spülung dieselben Grundsätze anzuwenden, wie bei den Rinnenpissoirs.

Bei allen Massenpissoiren ist auf einen siphonartigen Abschluß gegen das allgemeine Kanalsystem zu achten.

Ueber Oelpissoire, über unterirdische Bedürfnisanstalten und über öffentliche Bedürfnisanstalten überhaupt siehe diesen Band, 2. Abteil., S. 190 ff.

Näheres über spezielle Konstruktion der Einzel- und Massenpissoire findet sich im angezogenen Artikel des Handbuchs für Architektur und in dem folgenden Abschnitt über Kanalisation, Kapitel XVI.

- 1) *Handbuch der Architektur*, 3. Teil, 5. Bd. 201 u. ff.
- 2) „Die Fortschritte der öffentlichen Gesundheitspflege“, Jahrgang 1 (1892), No. 2.
- 3) *Rev. d'hyg. publ. e. d. l. pol. sanit.* (1889), 548.
- 4) D. R. P. No. 61810 in den Verhandlungen der 4. Versammlung des Deutschen Vereins gegen Verunreinigung der Flüsse, des Bodens und der Luft zu Mainz (mit Abbildungen).
- 5) Jules Swiecianowski, *Appareils de desiccation pour les matières fécales appliqués aux latrines et aux égouts*, Warschau 1883, mit 3 Tafeln.
- 6) D. R. P. No. 61810 in „Fortschritte der Krankenpflege“ (1892), Oktober.
- 7) Oesterlen, *Handbuch der Hygiene*, 447 Anm. 1.
- 8) E. Heiden, A. Müller und v. Langsdorff, *Die Verwertung der städtischen Fäkalien* (1885), 45 u. 46.
- 9) *Der hygienische Kongress in Kjöbenhavn, Juli 1858*, Abb. Tab. II.
- 10) Kaftan, *Die systematische Reinigung und Entwässerung der Städte*, 51.
- 11) Darstellung des in Stettin erfolgreich zur Anwendung gekommenen Müller-Schürs'schen Systems zur Abfuhr menschlicher Exkremente, Stettin 1885, mit zahlreichen Abbildungen; *Handbuch der Architektur*, 3. Teil, 5. Bd. 284.
- 12) Popper, „Die Entfernung und Verwertung menschlicher Abfälle“, *Oesterr. Zeitschr. f. Heilkunde* (1866), No. 23.
- 13) Alex. Müller, *Die Ziele und Mittel einer gesundheitlichen und wirtschaftlichen Reinhaltung der Wohnungen, besonders der städtischen*, Dresden, 1869.
- 14) *Dingler's polytechnisches Journal* (1864) 174. Bd. 318.
- 15) On a system of earth sewage, *Journ. of the Society of arts*, 15 May (1863), 447; *Handbuch der Architektur*, 3. Teil, 5. Bd. 283 (mit Abbildungen).
- 16) Virchow, *Reinigung und Entwässerung Berlins*, Generalbericht.
- 17) A. Müller, *Aktenstücke über die Entwässerung Berlins*, Müller's Bericht über die Versuche mit dem Erdklosett, *Viertelj. f. öff. G.*, 4. Bd. 177.
- 18) Lissauer, *Hygienische Studien über Bodenabsorption*, *Viertelj. f. öff. G.*, 8. Bd. 569.
- 19) Falk, *Experimentelles zur Frage der Kanalisation mit Berieselung*, *V. f. ger. Med. u. öff. Sanitätsw.*, 27. Bd. 83 ff.
- 20) Erisman, *Untersuchungen über die Verunreinigung der Luft durch Abtrittsgruben etc.*, *Z. f. Biol.*, 11. Bd. 244 und 248.
- 21) Buchanan, *On the dry-earth system of dealing with excrement*, XII. Report of the Medical Officer of Privy Council for 1869, London 1870. Im Auszuge mitgeteilt von A. Spiess in der *Viertelj. f. öff. Ges.* (1871), 3. Bd. 80.
- 21a) New patent self-acting earth closet, *Rev d'hyg.* 1881, 1010. — Das Erd-, Gruben-, Eimer- und modifizierte Wasserklosett-Systeme in England. Nach dem Public health report for 1869, übersetzt von J. Bockendahl, Kiel 1871.
- 22) Roth und Lex, *Handbuch der Militärhygiene* (1872), 1. Bd., 456 ff.
- 23) H. J. und J. W. Girdlestone, London 1869.
- 24) Krämer, „Die Erdstreu“, *Zeitschrift f. d. landw. Ver. d. Großh. Hessen*, No. 50, 12. Dez. 1865, 496.
- 25) Erisman, *Entfernung der Abfallstoffe*, in *Handbuch der Hygiene von Pettenkofer und Ziemssen*, II. T. 1. Abt. 1. Hälfte, 146.
- 26) G. Passavant, *Zur Frage über die Beseitigung der Exkremente aus den Schulgebäuden*, Frankfurt a. M. 1870.
- 27) Dr. med. G. Passavant, *Der verbesserte Erdbtritt (nebst einer Tafel Abbildungen)*, Frankfurt a. M., 1878, siehe auch *Handbuch der Architektur*, 3. Teil 5. Bd. 284.
- 28) *Sanitary Record*, 4. Bd. 238.
- 29) *Arbeiten der hygienischen Sektionen des VI. internat. Kongresses f. Hygiene und Demographie zu Wien 1887*, Heft No. 3, S. 4, Wien 1887.
- 30) Parkes, *A manual of practical hygiene*, 4. Aufl., 364.
- 31) L. Mitgan, *Bericht über die in Berlin, Amsterdam etc. eingeführten Systeme der Stadtreinigung*, Braunschweig 1880, 43.
- 32) Lehfeldt, *Der gegenwärtige Stand der Abfuhr- und Kanalisationsfrage in Großbri-*

- tannen, 56; Schülke, *Gesunde Wohnungen* (1880), 207. Morell's dry ash closet system, *Builder*, 29. Bd. 832.
- 33) *Lancet* vom 22. Januar 1870.
- 34) Buchanan und Badcliffe, 116, *First Report of the commissioners etc.*, deutsch von O. Reich, *Anhang I zu: Reinigung und Entwässerung Berlins*, 88.
- 35) Roth und Lex, *Handb. d. Militärgesundheitspflege* (1872) 1. Bd. 463.
- 36) Erisman, *Entfernung der Abfallstoffe im Handbuch der Hygiene von Pettenkofer und Ziemssen*, II. T. 1. Abt. 1. H. 148.
- 37) *Arbeiten der hygienischen Sektionen auf dem VI. internationalen Kongress für Hygiene und Demographie in Wien 1887*, Heft 3, S. 71, Wien 1887.
- 38) Liebig, *Agrikulturchemie*.
- 39) O. Eysselein, *Ueber Torfstreu und Torfmüll als Desinfektions- und Düngemittel*, *Viertelj. f. öff. G.* (1881) 13. Bd. 266.
- 40) L. Happe, *Ueber die geeignetste Methode zur Beseitigung der Abfallstoffe in unserer Stadt Braunschweig*, *Braunschweiger Tageblatt* No. 299 vom 21. Dez. 1880.
- 41) B. Blasius, *Die Verwendung der Torfstreu*, *Monatsbl. f. öffentl. Gesundheitspf.* (1884).
- 42) B. Blasius, *Das Torfstreu-Verfahren als Mittel der Städtereinigung*, *Verhandlungen des Vereins f. öff. Gesundheitspflege zu Magdeburg* 1886.
- 43) O. Jünger, *Die Torfstreu in ihrer Bedeutung für die Landwirtschaft und die Städtereinigung*, Berlin, Parey, 1890.
- 44) E. Heiden, A. Müller und v. Langsdorff, *Die Verwertung der städtischen Fäkalien*, 1885, 58.
- 45) Carl Fürst, *Die Torfstreu in ihrer Bedeutung für Stadt und Land*, Berlin, Parey, 1888, 6.
- 46) Karl Schröder, „Die desinfizierende und fäulniswidrige Wirkung des Torfmülls“, *Inaugural-dissertation*, Marburg 1891.
- 47) A. Stutzer und E. Burri, *Untersuchungen über die Einwirkung von Torfmüll — sowohl bei alleiniger Anwendung desselben, wie auch mit Beigabe gewisser Zusätze — auf die Abtödtung der Cholera-bakterien*, *Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh.* (1893) 14. Bd.
- 48) C. Fränkel und E. Klipstein, „Versuche über das Verhalten der Cholera- und Typhus-bakterien im Torfmüll“, *Zeitschr. f. Hyg. u. Infektionskrankh.* (1893) 15. Bd. 357.
- 49) E. Klipstein, *Ueber das Verhalten der Cholera- und Typhusbakterien im Torfmüll mit Säurezusätzen*, *Hyg. Rundsch.* 3. Jahrg. (1893), No. 24, 1093.
- 50) *Gesundheitsingenieur* (1887), 727.
- 51) *Gesundheitsingenieur* (1886), 555.
- 52) *Gesundheitsingenieur* (1892), 111.
- 53) *Mitteilungen über Landwirtschaft* (1886), 8. Bd. 11.
- 54) *Rigas'sche Industriezeitung* (1890), 5 u. 6.
- 55) G. Schuster, *Das Erdklosettsystem*, Aarau 1892.
- 56) O. Jünger, *Om Toerreklosetter og Toerres systematics Anvendelsen Tie Natrenovation*, *Ugeskr. f. L. 4. B.* (1891), 23. Bd. 234.
- 57) *Handbuch der Architektur*, 3. Teil, 5. Bd. 302 u. ff.; siehe auch dieses Handbuch 2. Bd. 2. Abt. 2. Lief.; E. Richter, *Straßenhygiene und 2. Bd. 1. Abt. Bäsing, Kanalisation*.
- 58) B. Blasius, *Die Verwendung der Torfstreu*, *Monatsbl. f. öffentl. Gesundheitspf.* 1884, S. 15.
- 59) Th. Weyl, *Berl. klin. Wochenschr.* (1894).

Verzeichnis der Abbildungen.

Figuren:	Entnommen aus:	
1) Centralrührapparat zu Friedrich's Desinfektion.	Heiden, Müller und v. Langsdorff, Die Verwertung der städtischen Fäkalien	S. 97
2) Friedrich's Desinfektionsleitung.	„ „ „	„ 97
3) Friedrich's Separat-Klosett-Desinfektionsapparat.	„ „ „	„ 97
4) Kastenrührapparat nach Friedrich für größere Gebäude.	„ „ „	„ 98
5) Rührapparat im Niveau von Friedrich's Desinfektionsgruben.	„ „ „	„ 98
6) Diviseur von Dugléré.		
7) d'Arcet'sches System in der (früher Reimer'schen) jetzt Fr. Kahlebaum'schen Irrenanstalt in Görlitz.	Roth und Lex, Handbuch der Militärgesundheitspflege, 1. Bd.	„ 454

Figuren:	Entnommen aus:
8) Schleh'sches Fäkalreservoir.	Fäkalreservoir von Eugen Schleh, Patent, 1890, Taf. 1.
9) Automatische Senkgrube von Bordeaux.	Revue d'Hygiène, 1892, 20. Avril, Tom. XIV, No. 4 „ 331
10) Automatische Senkgrube nach Pagliani und Rastelli.	„ „ „ „ 337
11) Reinigungsgruben mit Torf gefüllt von Pagliani.	„ „ „ „ 341
12) Grubenentleerungsapparat nach Hartmann.	Gesundheits-Ingenieur, 1891 „ 613
13) Schneitler's Tonnenwagen für pneumatische Zwecke.	Heiden, Müller und v. Langsdorf, Die Verwertung der städtischen Fäkalien „ 32
14) Klotz's Luftpumpe für Handbetrieb mit Tonnenwagen.	„ „ „ „ 34
15) Klotz's fahrbarer Dampfkessel mit Dampfstrahlpumpe.	„ „ „ „ 34
16) Klotz's fahrbarer Dampfkessel mit Kolbenluftpumpe.	„ „ „ „ 35
17) Hölzerne Heidelberger Abtritts- tonne.	„ „ „ „ 38
18) Eiserne Heidelberger Tonne mit Syphon, Trichter, Abfall- und Lichtungsrohr und Ablaufeimer.	„ „ „ „ 38
19) Heidelberger Tonnenwagen.	„ „ „ „ 39
20) Heidelberger Abtrittsbutte.	„ „ „ „ 39
21) Fahrbare Heidelberger Holztonne.	„ „ „ „ 39
22) Querschnitt eines Heidelberger Tonnenhauses mit Tonnenraum im Souterrain und Aufzug.	„ „ „ „ 38
23) Transportkarren für Tonnen.	„ „ „ „ 40
24) Heizbares Syphon mit beweglicher Zunge.	„ „ „ „ 40
25) Tonnendiviseur von Dugleré.	
26) Huguin'scher Separateur.	
27) Tonnendiviseur von Caze neuve.	
28) Tinette filtrante von Belicard und Chenaux.	
29) Züricher Tonnensystem.	Wiel u. Gnehm, Handb. d. Hyg. „ 499
30) Petri'sche Tonne, Modifikation von Rubner.	
31) Rostocker Kübel.	Uffelmann, Lehrb. der Hygiene „ 420
32) Kübel-Spülapparat von Greifswald.	
33) Feuerklosett von Seipp und Weyl.	Th. Weyl, Berl. klin. Woch., 1894
34) Schwedisches Luftklosett als Zimmerklosett.	Heiden, Müller und v. Langsdorf, Die Verwertung der städtischen Fäkalien „ 45
35) Schwedisches Luftklosett, Querschnitt.	„ „ „ „ 46
36) Mosselmann's Klosett.	
37) Müller-Schür'sches Klosett.	Darstellung des Müller-Schür'schen Systems, Stettin 1865, Taf. III, untere Abbildung.
38) Passavant's verbesserter Erdabtritt.	G. Passavant, Der verbesserte Erdabtritt. Tafel. Schnitt A.B.
39) Aschenklosett von Manchester.	Mitgau, L., Bericht üb. d. Systeme d. Städtereinigung in Berlin u. s. w. „ 43
40) Aschenklosett von Goux.	
41) Längs- und Querschnitt des Blattes von Sphagnum acutifolium.	Jünger, O., Die Torfstreu „ 5
42) Torfstreuklosett von Bischleß und Kleucker im Querschnitt.	Heiden, Müller und v. Langsdorf, Die Verwertung der städtischen Fäkalien „ 59
43) Poppe's Torfstreukasten.	„ „ „ „ 60
44) Poppe's Torfstreuklosett.	„ „ „ „ 60
45) Gehring'sches Torfmüllklosett.	Gesundheits-Ingenieur, 1892 „ 111

DIE KANALISATION.

BEARBEITET

VON

PROFESSOR F. W. BÜSING,

DOZENT DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN BERLIN-CHARLOTTENBURG.

MIT 79 ABBILDUNGEN IM TEXT.

HANDBUCH DER HYGIENE.

HERAUSGEGEBEN VON

DR. THEODOR WEYL.

ZWEITER BAND. ERSTE ABTEILUNG.

J E N A,

VERLAG VON GUSTAV FISCHER.

1894.

I. Geschichtliches.

1. Aeltere Zeit bis etwa zur Mitte des gegenwärtigen Jahrhunderts.

Unterirdische Kanäle zur Fortführung von Schmutz- und oft wohl auch von Tagewässern aus der Nähe der Wohnstätten kommen schon im frühen Altertum vor. Reste solcher sind in Babylon, Ninive und in mehreren alt-ägyptischen Orten aufgefunden worden. Im alten Athen gab es Schmutzwasser-Kanäle, die teils überwölbt, teils mit Platten überdeckt waren, und aus dem Salomonischen Tempel in Jerusalem führte ein Kanal das Blut der Opfertiere zu Klärteichen. Diese Klärteiche bilden sicher die ersten bekannten Beispiele ihrer Art und sind um so interessanter, als das Wasser derselben auch zur Berieselung von Gärten benutzt worden ist. Zur Zeit Christi floß aber das Blut von Opfertieren aus dem Tempel in Jerusalem dem Bach Kidron zu, der davon den Namen Kidron, d. i. schwarzer Bach, erhalten hat. — Die ersten Beispiele der Reinigung von Schmutzwasser durch Berieselung sind vielleicht in Aegypten zu suchen; doch fällt der früheste geschichtlich bekannte Versuch erst in das 12. Jahrhundert; seine Urheber waren italienische Mönche, welche das mit den Abwässern der Stadt Mailand verunreinigte Wasser des Flüßchens Vettabir zur Wiesenberieselung benutzten.

Eine noch jetzt funktionierende, sehr alte Kanalanlage ist die der „Cloaca maxima“ in Rom, deren Anfänge aus der etruskischen Zeit (des Tarquinius Priscus, etwa 500—550 v. Chr.) datieren, während der größere Teil etwa zu Anfang der gegenwärtigen Zeitrechnung erbaut worden ist. Im alten Rom kommen auch schon Kanäle für den Privatgebrauch, d. h. Anschlußleitungen der Grundstücke vor. In der Regel besteht aber in der alten Zeit lediglich ein Straßenkanal ohne Verbindung mit den anliegenden Grundstücken. Mehrere Kanäle eines und desselben Orts bildeten auch niemals ein zusammengehöriges Ganzes, sondern es war jeder derselben ein Individuum für sich. Die Kanäle nahmen nur das Tagewasser unmittelbar auf, während die auf den Grundstücken erzeugten Schmutzwasser mit Hilfe von Eimern oder ähnlichen Gefäßen an die Kanäle abgegeben werden mußten. —

Ausdehnung und Konstruktion der Kanäle älterer Zeit hat man sich stückweise entstanden zu denken. Wo das Straßengefälle

gering, oder der Weg zum nächsten offenen Gewässer lang war, wurde in der Straße ein Graben ausgehoben, dessen seitliche Ränder man später mit Holz oder Steinpflaster bekleidete; später erst erfolgte die Zudeckung der Rinne mit Bohlen oder Steinplatten. Die Ueberwölbung wird man in den meisten Fällen als Leistung noch späterer Zeiten anzusehen haben.

Neben solcher Entstehungsweise von Kanälen läuft auch die andere her, daß kleine natürliche Wasserläufe, deren Verunreinigung unerträglich geworden war, zugedeckt wurden, um Augen und Nasen der Anwohner zu schützen.

Eine genauere Bestimmung und Anpassung des Profils der Kanäle, bez. des Gefälles derselben an die abzuführenden Wassermengen u. s. w. hat früher kaum je stattgefunden; vielmehr ist für die Gestaltung des Werks in der Regel nur die Rücksicht auf Begehrbarkeit oder mindestens Schlupfbarkeit des Kanals — auf die man der Reinhaltung wegen nicht verzichten konnte — maßgebend gewesen. So angelegte offene, oder auch geschlossene Kanäle, mit unregelmäßigem Gefälle, unbefestigter Sohle und so geringer Tiefenlage, daß ihr Inhalt allen thermischen Wechselln unterstand, auch ohne geregelte Einrichtungen zum Luftwechsel, mußten viel öfter gesundheitswidrige als gesundheitsdienliche Einrichtungen und um so bedenklicher sein, als es in früheren Zeiten an Einrichtungen zur geordneten Sammlung und Fortschaffung der Abfallstoffe aus den Häusern fehlte, als Straßenpflaster und regelmäßige Straßenreinigung noch unbekannte Dinge waren. Abortseinrichtungen (heimliche Gemächer) nach heutigen Begriffen finden sich in Deutschland zwar schon im Jahre 1497, allgemeiner aber doch erst später, im 16. und 17. Jahrhundert. Auch in Paris sind diese Einrichtungen erst am Anfange des 16. Jahrhunderts üblich geworden, obgleich sog. Spülabtritte schon in Pompeji im Gebrauch gewesen zu sein scheinen und obgleich das Wasserklosett mit Wasserschluß schon in der Alhambra (2. Hälfte des 13. Jahrhunderts) angetroffen wird und wahrscheinlich viel früher schon in Indien bekannt war. Nach England scheint das Wasserklosett von der Alhambra aus gekommen zu sein; doch fällt die Herstellung desselben in der heutigen „modernen“ Form in England erst in das Jahr 1810.

In der mittelalterlichen und nachmittelalterlichen Zeit sind mehrfach recht kunstvolle Bewässerungs- und Entwässerungsanlagen für Klöster entstanden. Für ganze Städte jedoch sind nur wenige Beispiele solcher Bauten näher bekannt.

Gelegentlich einer Stadterweiterung durch Hinzunahme des Festungsgeländes erhielt im 12. Jahrhundert Frankfurt a/M. im Zuge des verschütteten Festungsgrabens einen Kanal, dem später mehrere andere folgten.

Im Jahre 1531 wurde in der schlesischen Stadt Bunzlau mit dem Bau von Entwässerungskanälen begonnen; späterhin ist damit nach Bedürfnis fortgefahren worden. Von größerem Interesse als die frühe Kanalanlage ist aber die Thatsache, daß Bunzlau schon im Jahre 1539 Berieselung bei sich eingeführt, und daß der Rieselbetrieb seitdem ohne Unterbrechung forgedauert hat; im Jahre 1748 wird von der Behörde für einen Teil der Stadt ein Regulativ über den Wechsel in der Nutzung des Rieselwassers erlassen. (Vergl. auch S. 5.)

Das nächste bekannte Beispiel früherer Berieselungsanlagen fällt in das Ende des vergangenen, oder den Anfang des gegenwärtigen Jahrhunderts; dasselbe betrifft die Berieselung der Craightinny-Wiesen bei Edinburgh, welche ebenfalls noch heute im Betriebe ist.

Neben Bunzlau ist als Beispiel einer systematischen Städteentwässerungsanlage Turin zu nennen, welches schon im Jahre 1726 den Bau von Kanälen begann, die mittels Hausanschlußleitungen auch alle flüssigen Abfallstoffe der Häuser aufzunehmen und dem Po — sowie einem Nebenflüßchen desselben — zuzuführen hatten. Später 1860 hat man von der Einleitung von Abtrittsstoffen in die Kanäle wieder Abstand genommen.

Englische Städte, namentlich London, besitzen bereits seit Jahrhunderten mehr oder weniger ausgedehnte Kanalanlagen; daß dieselben schon früh von einiger Bedeutung gewesen sind, wird dadurch erwiesen, daß bereits zur Zeit Heinrichs VIII. (1. Hälfte des 16. Jahrhunderts) eine „bill of sewers“ erlassen wurde.

2. Neuere und neueste Zeit.

Die neueren, rationell angelegten Städtekanalisationen gehören sämtlich dem gegenwärtigen Jahrhundert an; die ganz überwiegende Zahl derselben ist erst in der 2. Hälfte des Jahrhunderts angelegt worden. Sie unterscheiden sich von den älteren Anlagen, die stückweise entstanden sind und nur einem einzelnen Zwecke oder dem Augenblicksinteresse dienen wollten, insbesondere durch Erfassung der Aufgabe im Ganzen und Herstellung systematisch geordneter Netze an Stelle bloß einzelner Kanäle, durch Anpassung der Profile an die mit mehr oder weniger Sorgfalt ermittelten Wassermengen, durch Exaktheit in der Wahl der Gefälle, durch Einrichtungen zum Reinhalten und Lüften der Kanäle, endlich durch relativ große Sorgfalt in Bezug auf die Beschaffenheit des Materials und der Ausführung. — In der Anfangszeit rationeller Städte-Entwässerungen treffen wir nicht selten auf Kanäle mit undichten Wandungen. Solche Ausführungen kommen seit der Zeit, daß die gesundheitliche Bedeutung der Reinhaltung des Bodens voll erkannt ist, nicht mehr vor, während früher die Kanalwandungen für den Zweck der Senkung des Grundwasserspiegels — infolge unrichtiger Auffassung der in den 50er Jahren auftretenden Lehren Pettenkofer's von der Bedeutung der Grundwasserstände für die Gesundheitspflege — zuweilen mit Absicht durchlässig erbaut wurden.

Die ersten rationell durchgeführten deutschen Entwässerungsanlagen sind erklärlicherweise von englischen Technikern geplant, oder nach englischen Vorbildern ausgestaltet worden. Vereinzelt hat man englische Techniker bis in die 2. Hälfte der 70er Jahre bei Entwässerungsanlagen deutscher Städte zugezogen. Daß dies seitdem aufgehört hat, wird der Ausbreitung spezialistischer Kenntnisse auf diesem Gebiete verdankt, nachdem die deutschen technischen Hochschulen den Gegenstand in ihre Unterrichtsprogramme aufgenommen hatten. Bei mehreren Hochschulen ist dieses in der ersten Hälfte der 70er Jahre bei einzelnen schon früher geschehen; an manchen Stellen ist Raum für weitere Ausgestaltung des betreffenden Unterrichts vorhanden. Der Unterricht in diesen Disziplinen konnte aber eine wissenschaftliche Form erst nach und nach in dem Maße gewinnen, als durch die Arbeiten der Hygieniker die Grundlagen dazu geschaffen wurden

und als der neu auftretende Verwaltungszweig: die „Hygiene der Städte“ die Anerkennung der Landes-Medizinalbehörden sich errang. Solche Anerkennung hat freilich in Deutschland lange auf sich warten lassen. Bis in die 60er Jahre hinein scheint z. B. das preußische „Ministerium der geistlichen Unterrichts und Medizinalangelegenheiten“ von der Mitwirkung bei den Entwässerungsanlagen der Städte sich ziemlich fern gehalten zu haben, da es sonst kaum hätte geschehen können, daß bei der im Jahre 1860 erfolgten Absendung einer Sachverständigen-Kommission nach England zum Studium der dortigen Kanalisationsanlagen das genannte Ministerium unbeteiligt war, und ebensowenig bei Absendung einer zweiten Kommission einige Zeit später. Was in den 60er Jahren zur Sache geschah, wird im großen und ganzen der privaten Thätigkeit einzelner Männer (v. Pettenkofer, Varrentrapp, Wiebe, Virchow) verdankt, deren Arbeiten erst die Grundlage für das Eintreten der preußischen Medizinalpolizei gebildet zu haben scheinen. Der Beginn einer besonderen Thätigkeit dieser Behörde fällt in die Periode des raschen Aufschwungs einer großen Anzahl deutscher Städte in der ersten Hälfte der 70er Jahre, welcher einestheils das Zusammenströmen größerer Menschenmassen in manchen Städten mit sich brachte, andererseits den Städten die Mittel lieferte, so kostspielige Unternehmungen wie Wasserleitung und Entwässerung im Interesse der öffentlichen Gesundheitspflege in die Hand zu nehmen.

Zu praktischen Leistungen auf dem Gebiete der Städteentwässerung bedurfte es jedoch außer Technikern und Hygienikern thätigster Arbeit der an der Spitze städtischer Gemeinwesen stehenden Verwaltungsbeamten; auch unter ihnen besaß Deutschland früh einige Männer, die ihre ganze Kraft für den Gegenstand eingesetzt haben.

Aus der großen Anzahl von Männern, welche in Deutschland um die Förderung des beinahe wichtigsten Zweiges der Städte-Assanierung, der Kanalisation, sich in der Frühperiode besonders verdient machten, seien hier nur die Namen einiger weniger hervorgehoben: außer den oben bereits genannten sind es von Technikern etwa Lindley, Gordon, Hobrecht, Baumeister, Latham, Bazalgette, Chadwick, Durand-Claye und von Verwaltungsbeamten v. Winter-Danzig, v. Erhardt-München, v. Forkenbeck-Berlin.

Nunmehr mögen noch die ersten großen Städteentwässerungen der Neuzeit, darunter insbesondere diejenigen in Deutschland, kurz vorgeführt werden.

Die Zerstörung Hamburgs durch den großen Brand im Mai 1842 gab den Anlaß zur Aufstellung eines den zerstörten Stadtteil umfassenden Entwässerungsplanes; dieser Plan ist bis zum Jahre 1848 ausgeführt worden, 1853 erfolgte die Ausdehnung der Entwässerung auf das ganze übrige Stadtgebiet und 1871—1875 eine abermalige Erweiterung, deren Hauptteil der Bau des sogen. Geeststammsiels war, eines Kanals, der insbesondere dazu dient, die Abwässer der an der oberen Alster liegenden Stadtteile aufzunehmen, um den Fluß und die beiden Alsterbecken von Verunreinigungen frei zu halten. — Das Hamburger Geeststamm-siel ist wesentlich ein Abfangkanal (intercepting sewer).

Ein Vorbild größten Ranges hatte dafür London geboten, wo im Jahre 1853 Bazalgette den Auftrag erhielt, einen Plan zur Abstellung der unerträglich gewordenen Mißstände zu verfassen, die aus der Einleitung der Abwässer der Stadt innerhalb des Weichbildes in

die Themse entstanden waren. Große Abfangkanäle, die an beiden Ufern der Themse etwa 30 km stromabwärts geführt und in der Zeit von 1860—1875 mit einem Kostenbetrage von etwa 120 000 000 M. erbaut worden sind, haben den Uebelstand beseitigt, jedoch nicht so radikal, daß später nicht wiederum — nun aber weiter stromabwärts — schlimme Verhältnisse Platz gegriffen hätten, deren man durch Anwendung neuer Mittel bisher noch nicht Herr geworden zu sein scheint.

Für Paris, welches aus älterer Zeit größere Kanalanlagen besaß, ist im Jahre 1856 ein umfassender Entwässerungsplan zustande gekommen, der für alle späteren Ausführungen die Grundlage gebildet hat.

In Frankfurt a. M. ward im Jahre 1854 die Ausführung einer systematischen Entwässerungsanlage — an Stelle der bisherigen ungenügenden Einzelkanäle — angeregt, ohne daß aber bis zum Jahre 1863 in dieser Angelegenheit weitere Schritte erfolgten. In diesem Jahre sendete die Stadt eine Sachverständigenkommission nach England, welche später, 1867, einen Plan ausarbeitete, dessen Ausführung sofort begann und auf Grund dessen alle neueren Entwässerungsanlagen in der Stadt hergestellt worden sind.

In Brüssel sind zu Anfang der 60er Jahre und später die bestehenden Kanalanlagen erweitert und einheitlich ausgestaltet worden, insbesondere durch den Bau von Abfangkanälen, entlang dem die Stadt durchfließenden Sennebach, welcher überwölbt und über dem der heutige Boulevard central angelegt ist.

Für Danzig wurde in der Hälfte der 60er Jahre von Wiebe ein Kanalisationsplan aufgestellt, dessen Ausführung am 23. März 1869 von den städtischen Behörden beschlossen ward. Der Bau ist in dem kurzen Zeitraum bis zum Schluß 1871 vollständig durchgeführt worden.

In Dresden sind zu Anfang des gegenwärtigen Jahrhunderts, als die Zuschüttung der Festungsgräben stattfand, im Zuge derselben unterirdische Kanäle angelegt, denen später mehrere andere hinzutraten. Bis zum Jahre 1860 ward ohne Gesamtplan gebaut, dann aber ein solcher Plan für die Hauptzüge des Netzes aufgestellt, nach welchem ein großer Teil der Stadtentwässerung in den Jahren 1868—1874 hergestellt worden ist.

Für Berlin, das aus früherer Zeit nur einzelne wenige unterirdische Abzugskanäle besaß, sind vom Beginn des gegenwärtigen Jahrhunderts an mehrfach Entwässerungspläne entworfen worden, die aber keinerlei praktische Folge hatten. Erst die Einführung der öffentlichen Wasserleitung im Jahre 1856 machte die Aufgabe so dringend, daß man zu genaueren Studien schreiten mußte, wozu im Jahre 1860 eine Sachverständigenkommission nach England entsendet wurde. Die Frucht dieser Reise war der Plan Wiebe's, nach welchem die gesamten Abwässer Berlins an einem Punkte des Spreeufers unterhalb der Stadt zusammengeführt und dort dem Fluß übergeben werden sollten. Nach der Größe der Mißstände, welche die Ausführung dieses Planes unzweifelhaft im Gefolge gehabt haben würde, darf es als ein Glück bezeichnet werden, daß dieselbe unterblieben ist, und auch die Frage noch einige Jahre geruht hat, nach deren Ablauf durch Hobrecht eine ungleich rationellere Lösung vorgeschlagen werden konnte. — 1869 beschloß die Stadt eine Reihe praktischer Versuche, die insbesondere die Reinigung der Schmutzwässer mittels Rieselung betrafen, und nachdem diese Versuche günstige Ergebnisse geliefert hatten, ward im Jahre 1873 der Beschluß gefaßt, „versuchsweise“ einen Teil der Stadt — der die Bezeichnung Radialsystem III erhielt — nach dem Hobrecht'schen, im Jahre 1871 aufgestellten Plane zu kanalisieren. Die

Ausführung, welche sich unmittelbar anschloß, erforderte den Zeitraum von etwa 3 Jahren. Darnach ist man alsbald zur Ausdehnung der Kanalisation auf das ganze damalige Stadtgebiet (umfassend die Radialsysteme I und II, sowie IV—VII) übergegangen, die auch gegen Ende der 80er Jahre beendet waren. Seitdem ist die Kanalisation auch auf die Außengebiete der Stadt erstreckt worden. Bis zum Jahre 1893 sind in Berlin 11 Radialsysteme (I—VIII und X—XII) im Bau vollendet und zwei weitere in Angriff genommen worden. Die Anzahl der angeschlossenen Grundstücke betrug um diese Zeit 22 107 mit einer Bewohnerzahl von 1 552 200.

München hat eine Anzahl Kanäle bereits im vergangenen Jahrhundert besessen. 1857 erfolgte (durch Zenetti) die Aufstellung eines Entwässerungsplanes für die Ludwigs- und Maxvorstadt, wobei 3 Klassen von Kanalgrößen — alle besteigbar — angenommen wurden. Die — stückweise — Ausführung dieses Planes erstreckte sich in die 70er Jahre hinein, bis das Netz im ganzen 21 260 m Länge erreicht hatte. — Bemerkenswert an diesem alten Netz ist, daß dasselbe durchgängig sehr gute Einrichtungen zum Spülen besaß, indem an den oberen Kanälen aus städtischen Wasserleitungen gespeiste Spülbehälter angelegt, sonst Aufstauvorrichtungen in den Kanälen selbst angeordnet waren. — Im Jahre 1873 erteilten die Münchener städtischen Kollegien Auftrag zur Verfassung eines die ganze Stadt umfassenden Entwässerungsplanes; doch gelangte der im Jahre 1876 veröffentlichte Plan Gordon's nicht zur Ausführung, sondern erst ein zweiter, in der zweiten Hälfte der 70er Jahre vom Stadtbauamt verfaßter, der im Jahre 1880 die Genehmigung der städtischen Kollegien erhielt und seitdem in der Ausführung begriffen ist.

In Stettin gab eine große Zahl einzelner Kanäle auf kurzem Wege die Schmutzwässer an die Oder ab. Die Stadt ließ in der zweiten Hälfte der 60er Jahre ein Kanalisationsprojekt von Hobrecht bearbeiten, welches unmittelbar darauf von dem Projektverfasser auch ausgeführt worden ist.

Köln besaß eine Anzahl im Laufe langer Jahre nach und nach entstandener, in den Rhein mündender Kanäle. Unter Einbeziehung des ehemaligen, von der Stadt erworbenen Festungsgebietes ist im Jahre 1881 die Bearbeitung eines umfassenden Entwässerungsplanes erfolgt, der etwa seit dem Beginn der 90er Jahre in der Ausführung begriffen ist.

Ganz ähnlich wie in Köln liegen die Verhältnisse in Magdeburg.

Hannover besaß gleichfalls aus früherer Zeit, besonders aber aus der Mitte des gegenwärtigen Jahrhunderts eine Anzahl, teilweise sehr tief liegender einzelner Kanäle, dazu eine, durch ein Wassertriebwerk getriebene Schöpfanlage für Rinnsteinspülung. Nachdem die Einleitung der Abwässer in den Leinefluß innerhalb der Stadt selbst als unzulässig erkannt worden war, ist in der zweiten Hälfte der 80er Jahre der Bau einer neuen systematischen Entwässerungsanlage in Angriff genommen worden.

Von anderen großen und größeren deutschen Städten, welche in den 70er und 80er Jahren systematische Entwässerungsanlagen geschaffen oder doch begonnen haben, mögen noch angeführt werden: Bremen, Bremerhaven, Breslau, Charlottenburg, Dortmund, Düsseldorf, Elberfeld, Essen a. d. R., Halle a. d. S., Königsberg, Nürnberg, Potsdam, Wilhelmshaven, Witten a. d. R., Wiesbaden; zahlreiche kleinere Orte, welche gleichfalls kanalisiert worden sind, bleiben ungenannt. In mehreren von den angeführten

Städten befindet sich der Hauptteil des Kanalisationswerks noch in der Ausführung. —

Wirft man einen vergleichenden Blick auf die Leistungen der Hauptstaaten Europas im Gebiete der Städteentwässerung, so ergibt sich, daß England, welches früher allen kontinentalen Staaten auf diesem Gebiete vorausgeeilt war, neuerdings die führende Rolle anscheinend eingebüßt hat; denn seit Beginn der 70er Jahre ist in Deutschland eine so große Zahl rationell angeordneter Städtakanalisationen durchgeführt worden, wie vielleicht in keinem aller übrigen europäischen Länder.

Frankreich, Belgien und Holland sind, was die Provinzialstädte betrifft, Oesterreich und Italien dagegen mehr allgemein zurückgeblieben; doch werden in letzterem Lande neuerdings größere Anstrengungen sichtbar. Anfänge sind auch in Rußland zu bemerken. In Spanien hat man, was Anlagen rationeller Art betrifft, bisher noch kaum irgendwelche Thätigkeit entwickelt.

Vergl. auch Blasius dieses Handbuchs Bd. II Abtlg. 1 S. 1 ff., wo vielfach historische Uebersichten gegeben sind, welche auch an dieser Stelle interessieren; ferner a. a. O. S. 37 ff., wo die sanitären Erfolge der Kanalisation berührt werden.

Trotzdem die Aufgabe verhältnismäßig neu ist, hat sich in Bezug auf die wesentlichen technischen Grundzüge für Städteentwässerungsanlagen bereits ein hoher Grad von Uebereinstimmung herausgebildet; bestehende Verschiedenheiten finden meist in örtlichen Besonderheiten, Beschaffenheit des Baumaterials, der Verwaltungseinrichtungen u. s. w. ihre Erklärung.

Die noch heute viel umstrittene Frage, ob alle oder nur ein Teil der flüssigen Abfallstoffe incl. der Regenwasser den Kanälen zu übergeben seien (tout à l'égout?), wird wohl niemals allgemein, sondern immer nur im Einzelfall auf Grund örtlicher Verhältnisse entschieden werden können. Die besondere Beachtung aber, welche noch bis vor wenigen Jahren den Trennsystemen beigelegt wurde, scheint zur Zeit etwas in Abnahme begriffen zu sein.

Ungleichheiten der Auffassung bestehen noch vielfach mit Bezug auf die Bedeutung, welche dem Luftwechsel in den Kanälen in gesundheitlicher Hinsicht zukommt. Die große Mehrzahl will durch Schaffung möglichst vieler geregelter Verbindungen das Kanalinnere mit der freien Atmosphäre in innige Berührung setzen und dadurch nicht nur der Entstehung gesundheitsschädlicher Gase in den Kanälen zuvorkommen, sondern auch für bereits entstandene Auswege an geeigneten Stellen schaffen, wo sie sich mit atmosph. Luft ausreichend vermischen sollen. Die andere Ansicht will ebenfalls der Bildung von Kanalgasen möglichst zuvorkommen, diesen Zweck aber nicht durch Luftzufuhr, sondern durch Verringerung des Luftinhalts der Kanäle und Reinhaltung der Wandungen derselben erreichen. Die sehr geringen Mengen von Gasen — deren Bildung nicht zu verhindern ist — sollen von der Verbindung mit der Straßenluft abgesperrt werden. Es muß zugegeben werden, daß es Fälle geben kann, in denen auch eine Kanalisationsanlage ohne besondere Einrichtungen zum Luftwechsel vom gesundheitlichen Standpunkte aus einwandfrei ist; die Begründung dafür folgt an späterer Stelle.

- 1) Finkelnburg, *Die öffentliche Gesundheitspflege Englands* (1874).
- 2) Jul. Rochard, *Encyclopédie d'hygiène*, Tome 3, 211 ff.
- 3) Merkel, *Zur Geschichte der Technik*, *Deutsch. Bauzeitung* (1888).
- 4) Dörich, *Wasserversorgung und Kanalisation von Bunsau* (1883).
- 5) Bericht über die Allgem. deutsche Ausstellung auf dem Gebiete der Hygiene und des Rettungswesens in Berlin 1882/83, 3. Bd. (1886).
- 6) Koppin, *Ueber die Entwässerung der Stadt Hamburg durch unterirdische Kanäle* (1851).
- 7) *Hamburg in naturwissenschaftlicher und medizinischer Beziehung*, *Festschrift zur 49. Versammlung deutsch. Naturforscher und Aerzte* 1876.
- 8) Virchow und Guttstadt, *Die Anstalten der Stadt Berlin für die öffentliche Gesundheitspflege*, herausgegeben von den städtischen Behörden aus Anlaß der 59. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte 1886.
- 9) Lent, Köln, *Festschrift zur 61. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte* 1888.
- 10) *Festschrift der Stadt Berlin*, dargeboten dem 10. internationalen medizinischen Kongress 1890.
- 11) Aird, *Ein Rückblick auf die Kanalisation von London*, *Centralbl. f. allgem. Gesundheitspflege* (1887).

II. Aufgabe im allgemeinen und Zeitpunkt.

1. Hygienische Bedenklichkeit der Abfallstoffe.

Die den unterirdischen Kanälen zuzuweisenden Wasser sind mit mineralischen und organischen Stoffen vereinigt, von welchen letztere unter der Einwirkung von Bakterien der Fäulnis verfallen.

Es gilt als ein kaum noch anzufechtender Grundsatz der öffentlichen Gesundheitspflege, daß alle Stoffe, welche sich im Zustand der Fäulnis befinden oder in diesen leicht überzugehen vermögen — und das sind vorzugsweise die Abfälle des menschlichen Haushalts, also die Exkremente von Mensch und Tier, die Küchenreste und teilweise auch die Abfälle von Fabriken etc. — aus der Nähe menschlicher Wohnungen so bald als möglich entfernt werden müssen.

Diese Forderung wird gestellt, weil sich beim Studium vieler Epidemien gezeigt hat, daß Krankheiten wie Typhus und Cholera hauptsächlich an Orten zum Ausbruch gelangen, welche durch die Abfälle des menschlichen Haushaltes stark verunreinigt wurden.

Die Bedenklichkeit der Anwesenheit von Fäulnisstoffen in der menschlichen Nähe fußt speziell auf folgenden Erfahrungen:

1) daß solche Stoffe gelegentlich (vorübergehend) Nährböden für pathogene Mikroben bilden können;

2) daß sich in denselben spezifische Gifte, die unter dem Sammelnamen Ptomaine begriffen werden, nebst giftigen Gasen (Ammoniak, Schwefelwasserstoff, Kohlensäure, Sumpfgas) entwickeln. In welchem hohem Maße hoch fäulnisfähige Stoffe, wie die menschlichen Exkremente, auf die Luftbeschaffenheit der Umgebung wirken können, haben Feststellungen Erismann's erwiesen, nach welchen aus 1 cbm Grubenhalt, der aus 1 Teil Faeces und 3 Teilen Urin besteht, bei mäßigem Luftwechsel in 24 Stunden 317 l Kohlensäure, 148 l Ammoniak, 0,9 l Schwefelwasserstoff und 590 l Sumpfgas entwickelt werden. Damit ist jedoch das Maß der stattfindenden Luftverschlechterung noch nicht erschöpft, weil durch jene Prozesse der umgebenden Luft (gleichfalls in der Zeitdauer von 24 Stunden) 538 l Sauerstoff entzogen werden. Das Volumen der giftigen Gase ist daher etwa gleich groß mit dem von den erzeugenden Stoffen selbst eingenommenen Raum, und es würde zudem einem etwa 5 mal so großen Volumen Luft der Sauerstoffgehalt

vollständig entzogen werden, wenn nicht Ersatz desselben aus der weiteren Umgebung stattfände.

3) Besonders wichtig ist aber die Verunreinigung des Bodens, des Grundwassers und damit des Trinkwassers durch Einsickern von Schmutzstoffen in denselben. Auf diese, für die Bestrebungen der öffentlichen Gesundheitspflege grundlegenden Erfahrungen braucht jedoch an dieser Stelle nicht eingegangen zu werden, weil dies bereits von Fodor in der Hygiene des Bodens (Bd. I dieses Handbuchs) und von R. Blasius in der Einleitung zu gegenwärtigem Bande geschehen ist.

Der im Vorhergehenden mitgeteilten Auffassung entsprechen zwei Thesen, welche auf der 13. Versammlung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege 1886 zu Breslau gefaßt worden sind und folgenden Wortlaut haben:

1) Jede größere, namentlich mit Wasserleitung versehene Stadt kann eine geregelte Entwässerung durch eine unterirdische Kanalisation nicht entbehren, da die Schmutzwasser so rasch als thunlich aus dem Bereiche der Wohnung entfernt werden müssen.

2) Die Kanäle sollen zur Aufnahme und sicheren Abführung der gesamten Schmutzwasser — einschließlich der Klosettabgänge — und des Regenwassers geeignet sein, insoweit nicht die örtlichen Verhältnisse die besondere — getrennte — Ableitung des Regenwassers als zweckmäßig erscheinen lassen.

- 1) v. Pettenkofer, *Vorträge über Kanalisation und Abfuhr* (1880).
- 2) v. Pettenkofer in der *Viertelj. f. öffentl. Gesundheitspflege* 6. Bd.
- 3) v. Pettenkofer, *Das Kanal- oder Sielsystem in München* (1869).
- 4) Virchow, *Kanalisation oder Abfuhr? Eine hygienische Studie* (1869).
- 5) Virchow, *Reinigung und Entwässerung von Danzig* (1865).
- 6) Virchow, *Gutachten über die Kanalisation Berlins* (1868).
- 7) Virchow, *Reinigung und Entwässerung Berlins; einleitende Verhandlungen und Berichte (1870 bis 1879) (darin enthalten der „Generalbericht“)*.
- 8) Virchow, *Typhus und Städtereinigung, Deutsche Mediz. Wochenschrift* (1876).
- 9) Flügge, *Beiträge zur Hygiene* (1879).
- 10) Soyka, *Untersuchungen zur Kanalisation* (1885).
- 11) Soyka, *Kritik der gegen die Schwemmkanalisation erhobenen Einwände (Hygien. Tagesfragen I.), München* 1889.
- 12) Lent, *Bericht über den „Generalbericht“ von Virchow über die Arbeiten der Stadt. gem. Deputation in Berlin für die Untersuchung der auf Kanalisation bezügl. Fragen, Niederrhein. Korrespondenzbl.* (1873).
- 13) Varrentrapp, *Ueber Entwässerung der Städte, über Wert oder Unwert der Wasserklosetts und deren angebliche Folgen* (1868).
- 14) Varrentrapp in der *Viertelj. f. öffentl. Gesundheitspflege* 12. Bd.
- 15) *Bericht über die Verhandlungen und Arbeiten der vom Stadtmagistrat in München niedergesetzten Kommission für Wasserversorgung, Kanalisation und Abfuhr, München* 1876.
- 16) Erismann in Pettenkofer, *Handbuch der Hygiene*. 2. Bd. 1. Abt. S. 75.
- 17) v. Fodor, *Hygiene des Bodens in Bd. 1 dieses Handbuchs*.
- 18) *First Report of the Commissioners appointed in 1868 to inquire into the best means of preventing the pollution of rivers, London* 1870.
- 19) Eulenberg, *Handbuch des öffentl. Gesundheitswesens* (1887).
- 20) Eulenberg, *Gutachten über die Kanalisation der Städte, Berlin* 1883.
- 21) v. Fodor, *Hygienische Untersuchungen über Luft, Boden und Wasser* (1882).
- 22) Th. Weyl, *Die Einwirkung hygienischer Werke auf die Gesundheit der Städte* (1893).
- 23) Weyl, *Berl. klin. Wochenschrift* (1893 und 1894). Dort angedeutete Diskussion der Berl. med. Gesellschaft über das eben citierte Werk von Th. Weyl.
- 24) *Abnahme des Sterblichkeit infolge unterirdischer Entwässerungsanlagen, in den Engineering News* (1885).
- 25) *Vierteljahresschrift für öffentl. Gesundheitspflege* (1886).
- 26) Arnould, *Eloignement des immondiées, in Nouveaux éléments d'hygiène* 2. éd. Paris 1889.

- 27) Baldwin Latham, *Sanitary Engineering*, 2. ed. (1878).
- 28) Langsdorff, *Die neuesten Erfahrungen auf dem Gebiet der Städtereinigung*, Dresden 1884.
- 29) Baumeister, *Städteverwässerungen in technischer, baupolizeilicher und wirtschaftlicher Beziehung* (1876).
- 30) Baron im *Centralbl. f. allgemeine Gesundheitspflege* (1886) über den Einfluss von Kanalisation und Wasserversorgung auf Typhus- und Cholerafrequenz.
- 31) Haeppel im *Journal f. Gasbeleuchtung* (1887) über denselben Gegenstand.
- 32) Köhn, *Die Kanalisation von Charlottenburg*, Vierteljahrsschr. für öffentl. Gesundheitspflege (1887).
- 33) Hobrecht, *Die Kanalisation von Stettin* (1868).
- 34) Hobrecht, *Beiträge zur Beurteilung des gegenwärtigen Standes der Kanalisations- u. s. w. Frage*, 1883.
- 35) Gordon, *The drainage of continental towns*, Leicester 1885.

2. Begrenzung der Aufgabe.

Bei den Abfallstoffen, welche im menschlichen Haushalt und in seiner Umgebung entstehen, handelt es sich teils um einen festen, teils um flüssigen, teils um verflüssigungsfähigen Zustand. Beim Fortschaffen der Abfallstoffe würde es grundsätzlich falsch sein, trockene Stoffe zu verflüssigen, schon weil dadurch die Ausbreitung von Schädlichkeiten, welche jene Stoffe enthalten, befördert werden könnte. Wenn also das Wort „Abfuhr“ in dem üblichen engeren Sinne aufgefaßt wird, muß außer den Einrichtungen zur Beseitigung der flüssigen und nassen Abfallstoffe durch Abschwemmung immer auch noch für geordnete Abfuhr der trockenen Abfallstoffe gesorgt werden. Zwar wird zuweilen auch Straßenkehricht durch künstliches Abschwemmen beseitigt, weil das Abschwemmen ein bequemes und meist auch billiges Transportmittel ist; man kann aber diesem Verfahren einen anderen Vorzug als den der Einfachheit kaum beilegen. Nur besondere Umstände, wie z. B. Eigenart des Straßenpflasters, vornehmer Charakter der Oertlichkeit, geringer Verkehr können dasselbe in Einzelfällen rechtfertigen.

Unter Ausschluß des Haus- und Straßenkehrichts ¹⁾ verbleiben zur Fortschaffung durch Abschwemmen:

- a) die menschlichen Auswurfstoffe;
- b) das sog. Brauchwasser;
- c) das Regenwasser von Straßen und Höfen;
- d) in Badeorten und Industrieplätzen oft noch beträchtliche Mengen von Bade-(Quellen-)Wassern, Gewerbe- und Fabrikwassern.

Das Gemisch, die Vereinigung der Stoffe zu a—d, nennt man Abwasser.

3. Direkter und indirekter Einfluß der Bevölkerungsdichte.

Gesundheitliche Anforderungen insbesondere und nebensächlich Verkehrsrücksichten begründen die Notwendigkeit, sich der Abwasser auf unterirdischem Wege zu entledigen. Diese Notwendigkeit tritt aber an die betr. Orte zeitlich sehr verschieden heran; maßgebend dafür sind gewöhnlich Ortsgröße und Bevölkerungsdichte. Während aber kleine Orte auch bei dichter Anhäufung der Bevölkerung zuweilen imstande sind, ihre gesundheitlichen Zustände auch ohne unterirdische Fortschaffung der Abwasser auf einer befriedigenden Höhe zu erhalten, werden große, dicht bevölkerte

¹⁾ Vgl. die Monographie von E. Richter in der 2. Abteilung dieses Bandes.

Orte dies nicht vermögen; es sind für sie aber auch die den Einzelnen treffenden bezüglichen Kosten geringer als in kleinen Orten.

Bei geringer Bevölkerungsdichte — vielleicht 40 oder etwas darüber Bewohner auf 1 ha — lassen sich die Abfallstoffe auf dem Grundstücke selbst, auf dem sie erzeugt werden, landwirtschaftlich verwerten, ohne daß die Bewohnerschaft belastigt wird und auch ohne daß die Gefahr der Schädigung des Brunnenwassers durch Bodenverunreinigung entsteht, weil die Menge der Stoffe vom Boden noch gut verarbeitet (oxydiert) wird, wenn in der Umgebung der Häuser Gartenbau besteht; doch dürfen die Brunnen nicht Flachbrunnen sein, sondern müssen das Wasser aus größerer Tiefe entnehmen. Wächst die Bevölkerungsdichte bis auf 100 Bewohner pro ha, was etwa diejenige mancher kleiner Städte mit noch einigem Ackerbau, auch mit einiger Industrie ist, so ist die landwirtschaftliche Nutzung der Abfallstoffe schon schwierig, teils weil ihre Menge während der Sommer- sowohl als Wintermonate unbequem groß wird, teils auch deshalb, weil infolge der beschränkten Größe der Hausgärten und anderer Landflächen in der Nähe der Häuser längere Transportwege entstehen. Immerhin ist auch bei dieser Bevölkerungsdichte die Verarbeitung der Abfallstoffe auf und in der Nähe der bewohnten Grundstücke in nicht großen Orten noch ohne besondere Mißstände möglich, wenn durch Erlaß und strenge Handhabung zweckmäßiger Polizeivorschriften über Beschaffenheit und Größe von Aborten, Müllgruben oder Tonnen, über Räumungszeiten oder Räumungsweisen derselben und über Fernhalten von flüssigen Abfallstoffen aus den Straßenrinnen strenge Ordnung in diesen Dingen aufrecht erhalten wird. Wenn aber die Bevölkerungsdichte über etwa 100 Köpfe pro ha hinauswächst, dabei auch die Stadt eine gewisse Größe überschreitet, oder wenn die Unterbringung der Abfallstoffe in der nahen Umgebung der Stadt bezw. der Abtransport auf weite Entfernungen auf Schwierigkeiten stößt, so sind trotz strenger polizeilicher Aufsicht Belästigungen und auch Mißstände nicht mehr vermeidbar, teils weil die Menge der Abfallstoffe zu bedeutend, teils weil die Entfernungen, bis zu welchen dieselben zu schaffen sind, zu groß werden.

Es pflegt auch bei so großer Bevölkerungsdichte die bisher ausreichend gewesene Wasserversorgung aus Hausbrunnen (Einzelversorgung) auf Schwierigkeiten zu stoßen, indem die Zahl der Brunnen, welche „gutes“ Wasser liefern, zu klein wird, oder indem für die Bewohner der oberen Geschosse der Häuser Unbequemlichkeiten mit dem Heranschaffen des Wassers verknüpft sind. Zunächst wird dann von einzelnen und, weitergehend, von einer nach und nach wachsenden Anzahl von Eigentümern versucht, durch Anlage von häuslichen Wasserleitungen (Privat-Wasserleitungen) den Unbequemlichkeiten zu begegnen. Neben den wohlhabenderen Bewohnern sind es die Eigentümer von Mietshäusern, welche, durch ihr pekuniäres Interesse veranlaßt, zur Anlage von Privat-Wasserleitungen schreiten. Der Entstehung von solchen folgt dann bald die Anlage von Wasserklosetts in den betr. Häusern, die ihrerseits den Bau von größeren Gruben zur Sammlung der Klosettwater bedingt. Gerade diese Gruben sind bei der Dünnpflüssigkeit ihres Inhalts gesundheitlich recht schlimme Anlagen, da sie unter dem hydrostatischen inneren Druck größere Mengen von dem Inhalt durch Boden und Wände versickern lassen und — bei nicht immer rechtzeitiger, zuweilen auch

durch Frost gehemmter — Leerung auch durch Ueberlaufen beträchtliche Mengen Schmutzwasser an das umgebende Erdreich abgeben (Preuß. Minist. Erl. vom 4. Nov. 1887, betr. die Verbindung von Spülabtritten mit Abtrittsgruben). Die Abfuhr des Grubeninhalts in Fässern ist — wenn auch ohne große Belästigungen ausführbar — sehr kostspielig (1 cbm 1—2 M.), und dieser Umstand giebt wiederum unvermeidlich Veranlassung zur Ergreifung widerrechtlicher Mittel, um die Menge von Abwassern zu verringern. Es werden Gruben ohne feste Sohle oder mit stark durchlässiger Wand, oder Drainageleitungen angelegt, durch welche man einen mehr oder weniger großen Teil der Schmutzwasser dem Boden absichtlich zuführt¹⁾).

Der Betrieb der Privatwasserleitungen stellt sich zwar oft nicht teurer als der Wasserbezug aus einer öffentlichen Leitung, hat jedoch insofern Mängel, als das Wasser nicht immer frisch verbraucht wird, in seiner Temperatur daher starken Schwankungen unterliegt, ferner mit geringem Drucke ausfließt, so daß seine Benutzung z. B. für Brausebäder und Klosettspülungen, namentlich aber für Feuerlöschzwecke oft wenig befriedigt. Hierzu kommt die lästige Aufstellung und Reinhaltung eines häuslichen Reservoirs. Daraus erklärt sich die regelmäßige Erscheinung, daß die Besitzer von Privat-Wasserleitungen Bestrebungen zur Einführung einer öffentlichen Wasserleitung rege fördern, sobald von demjenigen Teile der Bürgerschaft, welcher noch keine Privat-Wasserleitungen besitzt, die Initiative dazu ergriffen wird. Letztere aber setzt rasch ein, weil durch das Fehlen der Wasserleitung in einem Hause der Besitz desselben minderwertig gemacht wird, insofern Mieter und Käufer Häuser mit Wasserleitung bevorzugen. Das Ende solcher Bestrebungen ist darum bald früher, bald später die Einführung einer öffentlichen Wasserleitung.

4. Besonderer Einfluß der Einführung einer öffentlichen Wasserleitung.

Nach Einführung einer öffentlichen Wasserleitung kann die Anlage von Wasserklosetts, welche ohne dieselbe immer nur vereinzelt vorkommen wird, in größerer Zahl auch durch strenge Polizeiverbote nicht mehr verhindert werden, da Wohnungen ohne Wasserklosetts einen geringeren Ertrag als solche mit Wasserklosetts liefern. Einzig in der beschränkten Zuführung von Wasser zu den Häusern oder in der Festsetzung eines außergewöhnlich hohen Wasserpreises sind Mittel zur Hand, um die an sich erwünschte allgemeinere Einführung von Wasserklosetts in ein langsames Tempo zu bringen. Beide Mittel sind aber vom gesundheitlichen Standpunkte aus zu verwerfen.

In der Regel wird daher mit der Einführung der öffentlichen Wasserleitung die Frage der Schaffung einer unterirdischen Entwässerungsanlage nahe gerückt und oft eine solche von nur noch kurzer Dauer geworden sein. Es ist die bedeutende Vergrößerung der Menge der Hauswasser, weniger die Beschaffenheit derselben, welche in dieser Frage den Ausschlag zu geben pflegt. Der nicht großen Menge der bei geringer Wasserzuführung entstehenden dickflüssigen Hauswasser vermag man sich durch Nutzung zu Düngezwecken in Feld und Garten,

¹⁾ Vergl. über die verschiedenen Abfuhrsysteme: R. Blasius in diesem Bande, S. 43 u. ff.

durch Vergraben auf unbenutzt liegenden Flächen und Plätzen, Ausschütten auf Düngerhaufen, in die Müllgruben, durch heimliche Entleerung in die Straßenrinnen, offene Wasserläufe, Gräben u. s. w. noch ohne besonders große Kosten zu entledigen. Bei starker Vergrößerung der Hauswassermengen aber, wie die Einführung einer öffentlichen Wasserleitung sie mit sich bringt, hört diese Möglichkeit bald auf, wenn nur von der Polizei auf den Verbleib der Abwässer ein wachsames Auge gerichtet und auch nur den gröblichen Verunreinigungen des Bodens oder der offenen Gewässer und der Straßenrinnen gesteuert wird. — Die stärkere Verdünnung der Abwässer, welche mit Einführung der öffentlichen Wasserleitung verbunden ist, setzt zwar den Verunreinigungsstand derselben herab; die Wasser verlieren aber dadurch an Schädlichkeit nichts, sondern es wird letztere insofern noch vermehrt, als die stärkere Verflüssigung die Ausbreitung der Schädlichkeit auf größeren Umfang, namentlich durch tieferes Versickern in den Boden mit sich bringt.

Die Voraussetzung, daß das Bestehen einer Wasserleitung die Einführung von Wasserklosetts unausbleiblich nach sich zieht, hat sich in neuerer Zeit wohl überall als richtig erwiesen. In früherer Zeit bestand neben einer Wasserleitung oft auch das Grubensystem, und in einer Anzahl selbst größerer Städte besteht dieser gewissermaßen „vererbte“ Zustand auch heute noch. Man muß denselben jedoch vom gesundheitlichen Standpunkte aus als einen anormalen bezeichnen. Läßt sich aber auch dieser besondere Zustand für eine Reihe von Jahren aufrecht erhalten, so ist der andere, zuweilen vorkommende, daß nach Anlage einer Kanalisation die Klosettwater von der Aufnahme in dieselbe ausgeschlossen sind und nach wie vor in Gruben gesammelt werden müssen, wohl kaum erträglich, schon aus dem Grunde nicht, weil damit der Leistungsfähigkeit der Kanalisation direkt geschadet wird. Denn die Kapazität der Kanäle wird durch die Aufnahme der Klosettwater fast gar nicht berührt; dadurch aber, daß man denselben die Klosettwater vorenthält, leidet die Schnelligkeit des Abflusses der Kanalwater, die Spülwirkung und der Luftwechsel in den Kanälen (vergl. hierzu weiterhin unter III und XIV). Vom gesundheitspolizeilichen Standpunkte aus sollte daher ein Zustand wie der hier geschilderte überhaupt nicht geduldet werden.

5. Oberirdische Ableitung des Meteorwassers.

Was das von Dächern, Höfen und Straßen abfließende Regenwater betrifft, so kann in manchen Städten auf eine unterirdische Abführung desselben dauernd verzichtet werden. In nicht zu großen Orten mit geringem Verkehr, weitläufiger Bebauung, guter Beschaffenheit, einigem Längengefälle der Straßen und nicht zu großer Entfernung von offenen Wasserläufen steht oberirdischer Ableitung des Regenwassers kein Bedenken entgegen, wenn nur der Möglichkeit vorgebeugt ist, daß den offen abfließenden Tagewässern auch die häuslichen Brauchwater zugeführt werden, wenn ferner nicht Stellen in bebauten Gegenden vorkommen, an welchen die Tagewasser in größeren Mengen sich lachenartig sammeln, um langsam durch Versickern und Verdunsten zu verschwinden. Eine günstige Höhenlage des Ortes, tief liegendes Grundwasser, bei nicht zu weiter Entfernung eines offenen Recipienten, ebenso aber auch tiefe Lage des Orts und hoher Grund-

wasserstand, nebst unmittelbarer Nähe von offenen Gewässern sind Umstände, welche eine Stadt veranlassen können, von Einführung einer unterirdischen Entwässerungsanlage abzusehen, vorausgesetzt, daß nicht in Umständen anderer Art zwingende Gründe dafür gegeben sind.

Da Desinfektionseinrichtungen für die Hauswasser, namentlich wenn dieselben in die einzelnen Häusern verlegt werden, erfahrungsmäßig denjenigen Grad von Zuverlässigkeit der Wirkung, bezw. des Betriebes nicht besitzen, welchen die Erlaubnis der Einleitung solcher Wasser in die Straßenrinnen voraussetzen muß, wird letztere in der Regel auszuschließen sein. Solche Bedenken verschwinden aber dort, wo die Rinnen beständig von einem Strom natürlich fließenden, reinen Wassers durchspült werden — eines Vorzugs, dessen sich manche Gebirgsstädte erfreuen — ferner an Orten, wo ausreichende Wassermengen zur künstlichen Spülung der Rinnsteine regelmäßig zur Verfügung stehen, wie es öfter bei Städten der Fall ist, die an wasserreichen Flüssen oder unmittelbar an der Seeküste liegen.

Aber die offene Ableitung, sei es des Regenwassers allein, sei es von Regenwässern, die mit Brauchwassern gemischt sind, bringt allerlei Mißstände für den Verkehr (bei starken Regenfällen, im Winter bei Frostwetter) mit sich, für die eine gewisse Milderung zunächst in der Zudeckung der Rinnen mit Bohlen u. s. w. angestrebt zu werden pflegt, wodurch im Sommer auch den direkten Sonnenstrahlen der Zutritt zu dem Rinneninhalt verwehrt wird. Die Maßregel hat jedoch insofern ihre Schattenseiten, als sie die ständige, genaue Ueberwachung des Rinneninhaltes unmöglich macht, so daß dabei für Ungehörigkeiten aller Art der Weg geebnet wird. Das Bestehen von Rinnen ist daher immer ein Uebelstand, der in einzelnen Straßen leicht unerträglich groß werden kann; auch sind Kostspieligkeit der Rinnenanlage sowie des Betriebs und der Unterhaltung derselben Gründe, welche schon bald dazu führen können, von der offenen Ableitung selbst nur der Regenwasser zu unterirdischer Leitung überzugehen.

6. Zeitpunkt zur Einrichtung unterirdischer Entwässerung.

Bevor zur Einrichtung einer unterirdischen Entwässerung geschritten wird, kann hier und da noch die Einführung eines Zwischenzustandes, wie z. B. der Bau einzelner unterirdischen Kanäle zu einem nahe befindlichen offenen Gewässer, oder auch sogen. absorbierender Brunnen auf Straßenkreuzungen u. s. w., aus denen die durch offene Rinnen zugeführten Regenwasser ins Grundwasser versickern, in Frage kommen. Beide Maßregeln sind aber von recht zweifelhaftem Wert; letztere wird ihren Dienst auch leicht versagen.

Schwierigkeiten pflegen sich der Anlage einer unterirdischen Entwässerungsleitung für die Gesamtheit der Abwasser (Schwemmkanalisation) zunächst in den hohen Kosten entgegenzustellen; zuweilen begegnet schon die Entscheidung über den Aufbringungsmodus dieser Kosten besonderen Schwierigkeiten. Unter solchen Umständen hat dann der Gedanke etwas Bestechendes, eine Erleichterung der Last dadurch zu erzielen, daß man das Regenwasser von der Ableitung ganz oder doch zu einem wesentlichen Teile ausschließt, ein Gedanke, der auf die Wahl eines sogen. Trenn-

systems hinauskommt. Bei näherer Prüfung erweist derselbe sich jedoch öfter als trügerisch. Ein wichtiger unter den mancherlei Gründen, die gegen die gesonderte Behandlung von Regen- und Brauchwassern sprechen können, ist der, daß man bei Ausschluß des Regenwassers von den Kanälen auch des großen gesundheitlichen und des wirtschaftlichen Nutzens verlustig geht, den die zeitweilige energische Spülung derselben durch das Regenwasser mit sich bringt. Näheres darüber folgt unter XIV und XV.

Allerdings hat die Aufnahme des Regenwassers in die unterirdischen Kanäle eine Voraussetzung, welche fast unumstößlich ist, nämlich die: daß es möglich sei, sich der zeitweilig zufließenden übergroßen Regenwassermengen auf kurzem Wege, d. h. mittels Anlage sogen. Regenüberfälle (auch Notauslässe genannt), oder auch durch vorübergehende Aufnahme in große Bassins, aus denen sie erst nach Beendigung des Regenfalles wieder abfließen, zu entledigen. Wo diese Möglichkeit ausgeschlossen ist, wo also ein offener Recipient zur Aufnahme der überschüssigen Wassermengen fehlt, wo man jene Regenwassermengen vielmehr durch die ganze Länge des Kanalnetzes bis zum unteren Endpunkt desselben zu führen und hier eventuell zu reinigen hat, kann es der unverhältnismäßigen Steigerung der Bau- und Betriebskosten wegen, die alsdann eintritt, notwendig und oft auch aus gesundheitlichen Rücksichten vorzuziehen sein, auf die Anlage einer unterirdischen, zur Aufnahme von Brauch- und Regenwasser ausreichenden Entwässerungsanlage zu verzichten. In solchen Fällen wird aber auch, um argen Mißständen, die schon oben (S. 126) hervorgehoben sind, aus dem Wege zu gehen, die Anlage einer öffentlichen Wasserleitung — in dem umfassenden Sinne, wie sie hier gedacht ist — sorgfältig erwogen werden müssen und vielleicht besser ganz unterlassen werden.

Ein Ausnahmefall liegt vor, wenn der Rang des Ortes oder die Verkehrsverhältnisse es erlauben, das Straßenwasser sich selbst zu überlassen. In einem solchen Fall, wie auch in dem anderen noch, daß infolge hoher Lage des Orts und starker Neigung der Straßen die Regenwasser rasch aus demselben verschwinden, kann die Schaffung einer Entwässerungsanlage, welche sich um die Straßenwasser nicht kümmert, sehr angemessen sein. In solcher Lage werden sich oft Orte, die keine eigentlichen Städte sind, sondern nur einen stadähnlichen Charakter haben, befinden.

Im Vorstehenden ward davon ausgegangen, daß die Frage der Kanalisation erst in einem mehr oder weniger späten Stadium des Bestehens der Stadt an dieselbe herantritt. Handelt es sich um die Schaffung eines neuen Ortes oder Ortsteiles, z. B. eine Stadterweiterung (siehe hierüber Bd. IV dieses Handbuches), so wird, um die gesundheitlichen Interessen sicherzustellen, eine Kanalisation gleichzeitig, und dann den Besonderheiten des Falles angepaßt, angelegt werden müssen. Fehlt zu ersterem die Möglichkeit, so ist in allen Teilen des Stadtplanes nicht nur, sondern auch in der Bauart der Häuser, endlich in den Baupolizei- und Verwaltungseinrichtungen des Ortes^{1 u. 2} alles vorzusehen, um der nur vorläufig aufgeschobenen Kanalisation möglichst vorzuarbeiten. Es giebt mancherlei, was in dieser Richtung von einer umsichtigen Gemeinde geschehen,

aber auch verdorben werden kann; die Begründung dieser Ansicht ergibt sich aus dem Folgenden von selbst.

- 1) **Baumelster**, *Stadterweiterungen in technischer, baupolizeilicher und wirtschaftlicher Beziehung* (1876).
- 2) **v. Grüber**, *Anhaltspunkte zur Verfassung neuer Bauordnungen* (1893).
- 3) **Köhn**, *Die Kanalisation von Charlottenburg, Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege* (1887).

III. Gattungen und Mengen der abzuführenden Wasser.

1. Oberflächen- (Straßen-) Wasser-

a) Beschaffenheit.

Die Beschaffenheit des von den Straßen und Höfen abfließenden Wassers wechselt örtlich und zeitlich in weiten Grenzen. Vielfach sind diesen Wässern auch Auslaugungen von tierischem Dünger, bezw. die unmittelbaren Abflüsse aus Viehställen beigemischt. Die Beschaffenheit der Straßenbefestigung, ob fugenloses, ob fugenreiches Pflaster auf verunreinigtem Grunde, die Dichtigkeit der Bebauung, der Umfang und die Art des Verkehrs, die Sorgfalt, welche auf Reinigung und Unterhaltung verwendet wird, die Straßenbreite und das Straßenprofil, die Lage der Straßen zur Himmelsrichtung, das Gefälle, etwaiger Baumwuchs in den Straßen, die Größe der Niederschläge, die Verkehrsgröße nehmen als Faktoren örtlicher Natur auf die Beschaffenheit der abfließenden Wasser weitreichenden Einfluß, während im zeitlichen Sinne die Verteilung der Jahresregenmenge von großer Bedeutung ist. Häufige aber geringe Regenfälle bringen starke, seltene und heftige Regenfälle mäßige Verunreinigungen des Straßenpflasters. Danach besteht die Möglichkeit, daß von mangelhaft gereinigten, verkehrsreichen Straßen bei geringen Regenfällen Wasser abfließt, welches stärker mit organischen Stoffen beladen ist, als stark verunreinigtes Hauswasser. Es kann aber das Wasser von derselben Straße, nachdem ein starker Regenfall einige Zeit angehalten und die Straße reingewaschen hat, in dem weiter folgendem Stadium so rein sein, daß dasselbe mit Bezug auf seinen Verbleib als bedenklich nicht mehr zu erachten ist.

Diese Wandlungen in der Beschaffenheit des Straßenwassers sind kaum irgendwo näher untersucht, namentlich nicht fortlaufend; daher müssen die darüber vorliegenden dürftigen Angaben mit Vorsicht aufgenommen werden. Unter diesem Vorbehalt werden die Ergebnisse von Versuchen einiges Interesse beanspruchen können, welche **Durand-Claye** in Paris¹ angestellt hat. Diese sind in folgender Tabelle mitgeteilt, welcher voranzuschicken ist, daß darin bezeichnen:

Gruppe a: Wasser aus Straßenrinnen, welches unmittelbar vor Beginn der Straßenwaschung,

Gruppe b: Wasser, welches unmittelbar nach Abspülung der Straßen aus den Rinnen derselben entnommen ward,

Gruppe c: Wasser aus den Pariser Hauptsammlern der Kanalisation.

Die Zahlen geben mg in 1 l Wasser = g in 1 cbm an.

Zusammensetzung des Wassers aus Rinnsteinen und Hauptsammlern zu Paris.

Wasserproben	Stickstoff					Organ. Substanz		Mineralische Substanz			Mikroben- zahl in 1 ccm
	Albuminide gelöst	Albuminide insgesamt	Ammoniak	Salpeterver- bindungen	insgesamt	gelöst	insgesamt	Chlor	Kohlensaurer Kalk	Schwefel- säure	
a { aus kanalisierten „ nicht kanali- sierten Straßen	2,67	20,0	19,54	2,4	32,5	50,3	827,0	92	764	95	120 111
	4,14	34,65	37,53	3,1	56,8	83,2	801,9	109	796	164	200 000
b { Mittel aus kanalisierten „ nicht kanali- sierten Straßen	2,99	22,7	23,45	2,6	37,7	37,5	822,9	97	803	107	127 273
	0,85	6,67	5,99	2,4	11,9	16,3	63,5	29	267	64	31 111
	1,42	17,19	9,35	2,1	18,8	20,0	182,3	42	148	365	38 000
	0,97	8,58	6,72	2,3	14,4	17,1	85,1	32	254	119	32 363
c { aus dem Haupt- sammler v. Clichy aus dem Haupt- sammler von St. Denis	3,0	3,8	22,2	2,05	27,05	33,65	82,6	66	593	344	120 000
	1,3	2,4	28,0	2,9	33,8	60,4	145,4	83	483	207	250 000

Wird davon abgesehen, daß es sich hier nicht um eigentliches Regenwasser, sondern um Wasser aus der öffentlichen Leitung handelt, so läßt der Vergleich der Zahlen für Wasser aus kanalisierten und nicht kanalisierten Straßen die schlechtere Beschaffenheit des Wassers aus Straßen letzterer Art stark hervortreten und erweist damit die hohe Bedenklichkeit, welche die Wasser aus derartigen Straßen erreichen können.

Ein Vergleich der Zahlen in den Reihen a und c ergibt, daß die Bedenklichkeit von Kanalwassern geringer sein kann als diejenige von Regenwassern, einerlei ob dasselbe von kanalisierten oder nicht kanalisierten Straßen abfließt. Es würde daher für das Straßenwasser meistens die Notwendigkeit der Reinigung in nicht geringerem Maße als für Brauchwasser vorhanden sein. Wird also der Abfluß von stark verunreinigtem Wasser aus nicht kanalisierten Straßen in offene Gewässer für zulässig gehalten, so besteht kein Grund, Straßenwasser von den offenen Gewässern auszuschließen, welches erst in einem späteren Stadium des Regenfalles abgeflossen und viel reiner als das anfängliche ist, selbst wenn solches Wasser durch Zuführung fremder Schmutzstoffe — aus Hauskanälen — eine gewisse geringe Menge von Verunreinigungen aufgenommen haben sollte. Es muß aber vorausgesetzt werden, daß das im späteren Stadium abfließende Regenwasser nicht höher verunreinigt wird als das im Anfangsstadium eines Regenfalles abfließende. Ueber Ausnahmen, die diese Schlüsse erleiden können, ist nach dem was früher bereits angeführt worden, nichts hinzuzufügen.

Die hier spezieller erörterten Unterschiede in der Wasserbeschaffenheit sind wichtig in der Beziehung, daß darin die Rechtfertigung für die Ableitung

eines Teils der Regenwasser mittels sogen. Regenüberfälle (oder Notauslässe) enthalten ist. Wird anerkannt, daß die in einem späteren Stadium eines Regenfalles zum Abfluß kommenden Straßenwasser rein genug sind, um ohne vorhergehende besondere Reinigung einem Flußlaufe übergeben werden zu können, so fällt damit ein Hauptgrund, welcher seitens der Vertreter der sogen. Trennsysteme gegen die Schemmkanalisation ins Feld geführt wird, in sich zusammen.

b) Menge des Straßenwassers.

Die möglichst genaue Kenntnis der Regenwassermengen bildet für die Planung von Stadtentwässerungen den wichtigsten Teil der Grundlagen, insofern von ihr fast allein die Kapazität des Kanalnetzes abhängt. Leider besteht über die Regenwassermengen, bezw. den davon aufzunehmenden Teil bis jetzt nur für wenige Orte ausreichende Gewißheit. Man kennt zwar die jährlichen Niederschlagshöhen größerer Bezirke genau genug; die betr. Zahlen aber entbehren hier der Bedeutung, wo es nur auf die genaue Kenntnis der größeren und größten Regenfälle ankommt.

Eine ganze Anzahl von Regenfällen liefert gar keinen Beitrag zu den Kanalwassern, weil ihre Höhe so gering ist, daß alles durch Verdunstung und Versickern in den Boden verloren geht.

Hellmann hat aus einer 44-jährigen Beobachtungsperiode die Regendichte für Berlin⁵, wie folgt, ermittelt: Es fallen im Jahre:

Tage mit Niederschlagshöhen von mm	
13,5	0,0—0,2
42,5	0,3—1,0
70,8	1,7—5,0
25,2	5,1—10,0
7,2	10,1—15,0
2,9	15,1—20,0
1,4	20,1—25,0
0,8	25,1—30,0
0,7	größer als 30,0
<hr/> = 165	

In der betr. 44-jährigen Beobachtungsperiode gab es in Berlin:

120	Tage mit Niederschlägen	> 20 mm	(pro Jahr 2,78)
61	" "	> 25 mm	(" " 1,39)
30	" "	> 30 mm	(" " 0,70)

In Köln gab es in 33 Beobachtungsjahren 73, also im Jahre 2,2 Tage, an welchen mehr als 20 mm Regen fielen. An 27 Tagen überhaupt, d. h. an 0,8 Tagen in 1 Jahr, hat die stündliche Regenhöhe mehr als 20 mm betragen, während eine stündliche Regenhöhe von mehr als 25 mm nur an 0,42 Tagen, eine stündliche von 30 mm nur an 0,4 Tagen im Jahr und eine stündliche von 40 mm nur an 0,125 Tagen im Jahr erreicht worden ist.

In Stettin wurden in 15 Jahren im ganzen 2543 Regentage (= 169 im Jahresdurchschnitt) und darunter nur 79 = 5,33 Tage im Jahr mit Regenhöhen von mehr als 13 mm beobachtet.

Da Regenfälle unter 1,5 und selbst 2 mm wohl nirgends Beiträge zu den Kanalwassern liefern und auch unter den Niederschlägen von größerer

Höhe sich manche befinden, bei denen dies aus dem Grunde nicht der Fall ist, daß der Regenfall sich lang ausdehnt, so kann vielleicht angenommen werden, daß unter den 165 Regentagen Berlins sich höchstens 60 (wahrscheinlich noch weniger) befinden, an welchen Regenwasser in die Kanäle aufgenommen zu werden braucht.

Dasselbe Verhältnis gilt ähnlich für das gesamte nördliche und auch für die südliche Mittelgebirgsgegend von Deutschland⁴, so daß in diesem ganzen großen Bezirk durchschnittlich für höchstens jeden 6. Tag auf einen Regen zu rechnen ist, welcher Beiträge zum Kanalwasser liefert, auf einen Regenfall von 25 mm und darüber alljährlich noch weniger als 1mal. In mehr als $\frac{5}{6}$ der ganzen Zeit führen daher Straßenkanäle nur Brauchwasser. Zwischen zwei Niederschlägen, welche Beiträge zum Kanalwasser liefern, können im Sommer 6—8 Wochen Dauer liegen, bei anhaltendem Frost im Winter noch längere Zeiträume.

Von einiger Bedeutung für die Aufgabe der Städteentwässerung ist ferner die Form der Niederschläge, insofern als es sich um Regen oder Schnee handelt, da letzterer erst nach dem Auftauen, d. h. in jedem Falle auf längere Zeiträume verteilt, in die Kanäle aufgenommen wird, während Sommer-Gewitterregen rasch aufzunehmen sind. Andererseits ist zu beachten, daß beim Schmelzwasser des Schnees eine Verminderung durch Einsickern in den Boden entfällt, dagegen der Faktor der Verdunstung, weil während längerer Zeit unwirksam, bedeutend ist; es kann dadurch das Minus an Versickerung leicht kompensiert werden.

Danach können die größten Ansprüche an die Aufnahmefähigkeit von unterirdischen Entwässerungskanälen sowohl bei Gewitterregen als bei rasch, unter Regengüssen und starker Erwärmung verlaufenden Tauwettern nach größeren Schneefällen auftreten.

Eine Schneehöhe x (lose liegend) entspricht einer Regenhöhe $= \frac{x}{15}$ —

$\frac{x}{14}$. Für Berlin beträgt (nach Hellmann) der in der Form von Schnee fallende (übrigens sehr stark wechselnde) Anteil an der Jahres-Niederschlagsmenge 13,3 Proz.

Noch mehr Ungewißheit, als über die großen und größten Niederschlagsmengen meist besteht, knüpft an die Beobachtungsweise der Regenfälle an. Es werden im allgemeinen nur Tagessummen, doch auch bei heftigen Regenfällen sich ergebende Einzel-Niederschlagshöhen notiert, sehr selten aber die zeitlichen Schwankungen in der Intensität heftiger Regenfälle. Die Ursache dieser Unvollständigkeit liegt darin, daß zu brauchbaren Resultaten Regennmesser mit Selbstregistrierung, welche sehr kostspielig sind, erfordert werden. Die Unterschiede in den Regenintensitäten nehmen mit der Regendauer ab und umgekehrt; sie zeigen sich aber nicht nur zeitlich, sondern auch örtlich.

Wie groß die Intensitäts-Schwankungen sein können, ergibt unter vielen das folgende Beispiel: es wurden am 3. Juni 1878 zu Zürich während der 11-stündigen Dauer eines Regenfalles sekundlich im Durchschnitt 0,0026 mm, innerhalb 30 Minuten über 0,0143 mm und innerhalb 10 Minuten 0,0212 mm Regenhöhe beobachtet.

Von den niederfallenden Regenmengen versickert ein Teil in den Erdboden, ein anderer Teil verdunstet; nur der Rest braucht von den Kanälen aufgenommen zu werden. — Für ganze Flußgebiete nimmt man gewöhnlich $\frac{1}{3}$ als verdunstend und $\frac{1}{3}$ als in den Boden versickernd an. Daß dies nicht allgemein zutreffend sein kann, folgt schon daraus, daß aller Regen durch Verdunstung entsteht, daher (für die gesamte Erdoberfläche) Summe der Verdunstung = Summe des Regensfalls sein müßte. Das, was für ganze Ländergebiete hinsichtlich des Abflusses gilt, kann daher nicht für einzelne Flußgebiete und noch viel weniger für die viel kleineren Gebiete, wie sie bei Städteentwässerungen in Betracht kommen, maßgebend sein.

Versickerung und Verdunstung stehen in einem inneren Zusammenhang. Je langsamer jene stattfindet, um so mehr kann die Verdunstung zur Geltung gelangen und umgekehrt. Indessen kann bei rascher Einsickerung in Boden mit großem Porenvolumen die Verdunstung viel wirksamer sein als bei Abfluß des Wassers in geschlossener Schicht auf der Oberfläche, weil im ersten Falle die Verdunstungsfläche die größere ist.

Auf mit Wald oder Pflanzenwuchs beschattetem Boden gelangt ein großer Teil des fallenden Regens nicht zum Abfluß, weil er an den Blättern bzw. an den Baumstämmen hängen bleibt, um aufgesaugt und verdunstet zu werden. Nach einer Beobachtung Seckendorf's⁷ blieben von einem auf Wald heruntergegangenen mäßigen Landregen von 52,6 mm Höhe auf Blättern und am Stamm hängen:

unter Ahornbäumen	30,6 Proz.
„ Eichbäumen	31,1 „
„ Buchen	38,4 „
„ Fichten	68,4 „

Bei Bestand des Terrains mit höherem Pflanzenwuchs wird man auf ähnliche, aber doch im allgemeinen geringere als die vorstehenden Werte rechnen können.

Dem durch Hängenbleiben an belaubten Bäumen und Pflanzen entstehenden Abgang an der Regenmenge gesellt sich ein zweiter dann hinzu, wenn die Erde mit einer Moos-, Laub- oder Rasendecke belegt ist, sodaß z. B. für Wald nur sehr kleine Mengenteile zum unterirdischen und auch nicht viel größere zum oberirdischen Abfluß kommen. Ebermayer^{9, 10} ermittelte, daß in einem bestimmten Gebiete in den Jahren 1886 und 1887 von den gesamten Niederschlägen (958 bzw. 634 mm betragend) nur folgende Mengen in den Boden einsickerten:

	1886	1887
in den mit Moos bedeckten Boden	7,0 Proz.	6,2 Proz.
„ „ „ Buchenwald „	4,1 „	2,9 „
„ „ „ Fichtenwald „	3,0 „	1,5 „

Derselbe Autor gab den Verbleib der auf Wald fallenden Regenmengen angenähert, wie folgt, an: die Baumkronen halten 26 Proz. zurück; im Sommer gelangen 54—70 Proz. in die Streudecke des Bodens und die darunter liegende Erdschicht; die Verdunstungsmenge beträgt (pro Zeiteinheit) nur etwa $\frac{1}{3}$ derjenigen im freien Felde.

Anderweit sind durch Messung⁸ der in Drainagen gesammelten Sickerwassermengen folgende Zahlen über die Menge der anteiligen Werte des Einsickerns und der teilweisen Verdunstung ermittelt worden, die sowohl den Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit als den der Bodenstruktur, als den der Jahreszeit erkennen lassen. Die Zahlen sind aus Mittelung von (teilweise weit auseinanderfallenden) Grenzzahlen entstanden.

Sickerwassermengen für :	Frühling Proz.	Sommer Proz.	Herbst Proz.	Winter Proz.	Jahre Proz.
1) Sand ohne Vegetationsdecke	—	—	—	—	62,6
2) sandig. Lehm ohne „	49,7	42,4	27,9	37,7	52,4
3) „ „ mit „	30,3	1,7	54,1	83,9	34,5
4) Lehm und Thon ohne „	39,6	35,1	25,4	25,5	36,7
5) „ „ „ mit „	74,3	28,6	26,9	88,2	38,7

Danach können auch für kleine Flächen summarische Angaben über die Einsickerung keinen Wert beanspruchen. Nach den zu 1. und 2. angegebenen Zahlen braucht bei nacktem Boden, aus Sand und sandigem Lehm bestehend, auf einen Oberflächenabfluß kaum gerechnet zu werden, da der nicht eingesickerte Rest durch Verdunsten verschwinden kann; nur bei starken Gefällen würde ein gewisser Abfluß auch von derartigen Flächen in Rechnung zu ziehen sein. Bei den mehr lehmhaltigen Bodenarten tritt ein großer Einfluß der Jahreszeit hervor; in der wärmeren Jahreszeit ist die Durchlässigkeit hier stark eingeschränkt, in der kalten kann sie sehr bedeutend sein. Um daher den Kanälen die nötige Aufnahmefähigkeit zu sichern, wird man für den Abfluß von lehmartigem (gedecktem oder ungedecktem) Boden einen nicht zu eng bemessenen Prozentsatz in Rechnung stellen müssen, der (nach Maßgabe des Oberflächengefälles) zu 20—30 Proz. anzunehmen ist, indem man 33—45 Proz. Verlust auf Verdunstung rechnen darf. Hat aber solcher Boden Wald oder einen einigermaßen dichten Pflanzenbestand anderer Art, so braucht die Abflußmenge nur zu 10—15 Proz. angenommen zu werden.

Beim Abfluß von Straßen sollte auf mehr als 10 Proz. Verlust durch Verdunstung nicht gerechnet werden. —

Im Vorstehenden ist noch der Einfluß außer acht gelassen, den auf den Abfluß die Ausdehnung (die Größe) des Abflußgebietes ausübt.

Versickerung und Verdunstung gehen zwar so lange fort, als das Wasser auf und in der obersten Schicht durchlässigen Bodens sich bewegt. Beide Faktoren erschaffen aber mit der Dauer des Regenfalls, weil das Poren-Volumen der oberen Bodenschicht nach und nach mit Wasser erfüllt wird, bezw. die Feuchtigkeit der freien Atmosphäre sich dem Sättigungszustande nähert.

Man denke sich einen bestimmten Punkt, welchen alles von einer gewissen Fläche (der Größe F) abfließende Wasser erreichen muß (den Sammelpunkt, der in dem oberen Ende oder sonstwo in einem Entwässerungskanal liegt), so haben die verschiedenen Teilchen des auf diese Fläche gefallenen Niederschlags verschieden lange Wege zu machen, bis sie jenen Punkt erreichen; an Stelle dieser ungleichen Wege kann man für alle Teilchen einen gleichlangen Weg d. h. den Abstand des Schwerpunktes der Fläche F vom Sammelpunkt einführen. Dieser

Abstand ist für die Zeit, welche erfordert wird, damit der überhaupt zum Abfluß kommende Teil der Niederschlagsmenge den Sammelpunkt erreicht, bestimmend. Je größer daher die Fläche F , speziell je länger dieselbe, um so länger werden die Wege d. h. um so ausgedehnter wird die Zeit sein, die ein Niederschlag zum vollständigen Abfluß erfordert, oder umgekehrt: um so geringer ist die in der Zeiteinheit am Sammelpunkt eintreffende Wassermenge. Dem vermindernden Einfluß der Wegeslänge laufen die Abnahme der Einsickerung und Verdunstung entgegengesetzt, wenn auch nicht in konstantem Verhältnis.

Beobachtungen, die bei einzelnen heftigen Regenfällen über die wirklichen Abflusssmengen — namentlich in England — angestellt worden sind, haben ergeben, daß von sogen. wasserdichtem Pflaster 53—94 Proz. der niedergegangenen Regenmenge in die Kanäle gelangen, und ferner, daß die Zeitdauer, in welcher der auf der Oberfläche abfließende Anteil den Sammelpunkt passiert, der Abfluß also beendet ist, das 3—4fache, im Mittel also das 3,5fache der Regendauer beträgt.

Entsprechend könnte die Weite der Kanäle nach einer sekundlichen Abflußmenge:

$$A = \frac{(0,53 - 0,94) \text{ Regenhöhe}}{3,5} \quad \text{im Mittel} = \frac{0,70 R}{3,5} = 0,2 R$$

in Fällen bestimmt werden, wo man es mit einer ähnlichen als der den Beobachtungen zu Grunde liegenden Oberflächenbeschaffenheit zu thun hat.

Die Regenhöhe R in der Formel ist die durchschnittliche pro Sekunde. Bei der Berechnung wie oben ist daher der Einfluß nicht berücksichtigt, den der während der Dauer des Regensfalls stattfindende Wechsel in der Regenintensität mit sich bringt. Man hat vielfach konstatieren können, daß das Maximum der Regenintensität zur durchschnittlichen Intensität in dem Verhältnis von etwa $\frac{2,4}{1}$ steht. Unter Annahme dieser Zahl würde der den Kanälen zu

gebende Querschnitt, welcher genügt, um die bei größter Intensität kleinerer Regenfälle zufließenden Wassermengen in demselben Maße, als sie zufließen, auch abzuführen, aus der Formel:

$$A = \frac{2,4 \cdot 0,53 R}{3,5} = 0,37 R$$

zu bestimmen sein, und wenn es sich um stärkste Regenfälle handelt, zu:

$$A = \frac{2,4 \cdot 0,94 R}{3,5} = 0,65 R.$$

Nach Maßgabe von Wechseln der örtlichen Verhältnisse, insbesondere in dem Gefälle der Straßen werden die obigen Werte variiert und als abzuführende Wassermengen Werte, die zwischen $A = 0,37 R$ und $A = 0,75 R$ liegen, angesetzt *).

Dies der bloßen Schätzung einen weiten Spielraum lassende Verfahren ist insbesondere dadurch mangelhaft, daß der verzögernde Einfluß, den die wechselnde Größe des Abflußgebietes ausübt, immer in der gleichen Zahl 3,5 seinen Ausdruck findet, auch der Einfluß des Gefälles nur summarisch berücksichtigt wird. Es ist freilich nachweisbar,

*) 1 mm Regenhöhe ergibt pro qm 1 l, pro ha 10 cbm Wasser.

daß dasselbe trotzdem für gewisse nicht große Ausdehnungen des Entwässerungsgebietes seine Berechtigung hat. Denn man kann aus rein praktischen Gründen nicht unter eine gewisse Weite der Kanäle hinabgehen, und aus Rücksichten auf Erreichung vermehrter Sicherheit für ausreichende Leistung von Kanälen größerer Weite wird auch bei diesen gewöhnlich ein gewisses Plus an Querschnittsgröße gegeben, welches die Ungewißheit der Rechnungsannahmen deckt.

Bürkli-Ziegler hat, aus Ausführungen in England rückschließend, für die Abflußmenge städtischer Kanäle die Formel aufgestellt:

$$\frac{A}{R} = 0,5 \sqrt[4]{\frac{G}{F}}$$

in welcher G das Kanalgefälle pro Tausend, F das Entwässerungsgebiet in ha, A und R Abfluß- und Regenmengen in l pro Sek. bezeichnen. Die Formel trifft der Vorwurf, daß sie die Abflußmenge aus dem Kanalgefälle bestimmt, was doch nur in den Fällen begründet sein kann, wenn entweder die Abflußmenge für eine bestimmte Stelle im Kanalnetz selbst ermittelt werden soll, oder wenn das Kanalgefälle mit dem Oberflächengefälle des Abflußgebietes übereinstimmt.

Durch Heranziehung eines physikalischen Bewegungsgesetzes und unter Berücksichtigung von Beobachtungsergebnissen ist Baumeister zu einem Ausdruck: $\frac{A}{R} = \frac{1}{\sqrt[n]{F}}$ gelangt, der mit wirklichen Aus-

führungen befriedigende Uebereinstimmung zeigt. Während man für flache und wenig geneigte Gelände $\frac{A}{R} = \frac{1}{\sqrt[4]{F}}$ setzt, ist bei stärkerer und stärkster Neigung:

$$\frac{A}{R} = \frac{1}{\sqrt[5]{F}} \text{ bzw. } \frac{A}{R} = \frac{1}{\sqrt[6]{F}}$$

mehr zutreffend. Die beiden letzten Ausdrücke sind beispielsweise bei Projektierung der Entwässerungsanlagen von Königsberg $\left(\frac{1}{\sqrt[6]{F}}\right)$ und von Wiesbaden $\left(\frac{1}{\sqrt[6]{F}}\right)$ zu Grunde gelegt worden.

Eine für eine Reihe bestimmter Flächengrößen und unter — beispielsweise — Annahme einer stündlichen Regenhöhe von 36 mm durchgeführte Berechnung der Abflußmengen liefert folgende Tabelle:

(Siehe die Tabelle S. 140 oben).

Aus der Tabelle ergibt sich, daß für Entwässerungsflächen F , die über eine gewisse Größe (etwa 50—60 ha) hinausgehen, der Abflußkoeffizient der Formeln $\left(\frac{1}{\sqrt[n]{F}}\right)$ nur noch wenig wechselt und merkliche

Wechsel desselben erst für sehr große Wechsel der Flächengröße F sich ergeben. Es ersieht sich ferner, daß für kleine Flächen F (bis etwa 2 ha) die Abflußmenge nahezu übereinstimmend mit der Regenmenge sein wird und nur für die Flächen zwischen 2 ha und 50—60 ha

Abflußmengen, berechnet mit Rücksicht auf die
Größe des Entwässerungsgebietes.

1.	2.	3.	4.	5.
Abflußgebiet	$\frac{1}{\sqrt[4]{F}}$	Sekundlicher Abfluß A l pro ha	$\frac{1}{\sqrt[5]{F}}$	Sekundlicher Abfluß A l pro ha
1	1,00	100	1,00	100
2	0,85	85	0,89	89
5	0,84	84	0,76	76
10	0,86	86	0,68	68
15	0,51	51	0,64	64
20	0,47	47	0,61	61
30	0,48	43	0,57	57
40	0,40	40	0,54	54
50	0,37	37	0,52	52
60	0,34	34	0,50	50
70	0,33	33	0,48	48
80	0,33	33	0,46	46
90	0,32	32	0,46	46
100	0,32	32	0,46	46
200	0,27	27	0,41	41
300	0,24	24	0,39	39

eine größere Variation des Abflußkoeffizienten stattfindet. Es ist also sowohl für sehr kleine Flächen als auch für große Flächen die Rechnung mit einem konstanten Abflußkoeffizienten durchführbar.

Die Gleichung $\frac{A}{R} = \frac{1}{\sqrt[n]{F}}$ berücksichtigt nur den auf Verzögerung

des Regenabflusses wirkenden Einfluß, den die Flächengröße ausübt, und daneben — allerdings auch nur in summarischer Weise — das Terraingefälle; sie läßt daher den Einfluß, den die Bodenbeschaffenheit (Durchlässigkeit) und die Verdunstung üben, unberücksichtigt. Um auch diese Faktoren in die Rechnung einzuführen, wird man nicht die in den Spalten 2 und 4 der obigen Tabelle berechneten sogen. Verzögerungskoeffizienten selbst, sondern entsprechend reduzierte benutzen, welche man erhält, indem man den Verhältnissen möglichst angepaßte Einsickerungs- und Verdunstungskoeffizienten annimmt.

Es genüge, hierzu als Beispiel diejenigen Koeffizienten aufzuführen, welche von Brix bei der Projektverfassung für die Wiesbadener Kanalisation¹² angenommen sind und nachstehend folgen:

- a) für Flächen mit dichter Bebauung 0,75
- b) „ „ „ weitläufiger Bebauung 0,55
- c) „ Villenquartiere, unter Annahme, daß $\frac{3}{8}$ der Fläche dicht bebaut sind, $\frac{1}{4}$ in Gartenflächen liegen, berechnet) . . . 0,37
- d) für Gärten und Feldflächen (unter Annahme, daß $\frac{33}{8}$ der Regenmenge versickern und $\frac{40}{8}$ verdunsten, berechnet) . . 0,27
- e) für bewaldete Flächen, wie auch Parks 0,13

Danach würden sich bei einem Regenfall von 36 mm stündlicher Höhe pro ha folgende Abflußmengen, anstatt der in der Spalte 3 und 5 der obigen Tabelle verzeichneten ergeben.

Größe des Abflußgebietes	Beschaffenheit	Bei	
		flacher	starker
		Terrainneigung	
unter 1 ha	a) dichte Bebauung .	0,75 . 1,00 . 100 = 75 l	0,75 . 1,00 . 100 = 75 l
	b) weitläufige Bebauung	0,55 " " = 55 "	0,55 " " = 55 "
	c) villenartige Bebauung	0,37 " " = 37 "	0,37 " " = 37 "
	d) Gartenflächen . .	0,27 " " = 27 "	0,27 " " = 27 "
	e) Wald und Parks .	0,13 " " = 13 "	0,13 " " = 13 "
von 1—20 ha	a) dichte Bebauung .	0,75 . 0,47 . 100 = 35,25 l	0,75 . 0,61 . 100 = 45,75 l
	b) weitläufige Bebauung	0,55 " " = 25,85 "	0,55 " " = 33,55 "
	c) villenartige Bebauung	0,37 " " = 17,89 "	0,37 " " = 22,57 "
	d) Gartenflächen . .	0,27 " " = 12,69 "	0,27 " " = 16,47 "
	e) Wald und Parks	0,13 " " = 6,11 "	0,13 " " = 7,93 "

Ueber die so berechneten Mengen mag man in besonderen Fällen noch etwas hinausgehen, z. B. bei sehr steilem Hang und gleichzeitig wasserdichter Abpflasterung der Straße, wo die Koeffizienten 0,75, 0,55, 0,37 für Versickerung und Verdunstung als zu gering erscheinen. Ein anderer Fall, in welchem diese Koeffizienten unzulänglich sind, liegt bei Grundstücks-Entwässerungen vor, wenn die betr. (kleinen) Flächen ausschließlich aus abgepflasterten Höfen und Dachflächen mit steiler wasserundurchlässiger Bedachung bestehen. Hier würde man darauf rechnen müssen, daß die ganze Regenmenge unverkürzt (und ohne zeitliche Verzögerung) in die Kanäle aufzunehmen ist.

Es bedarf kaum der Erwähnung, daß wenn die Flächengrößen über 20 ha betragen, alsdann die Koeffizienten 0,47 und bezw. 0,61 der letzten Tabelle eine Ermäßigung erleiden können, für deren Größe die vorletzte Tabelle maßgebend ist. —

Von Mitteilung noch anderweiter empirischer Formeln zur Bestimmung der Abflußmengen kann ihrer beschränkten Bedeutung wegen hier abgesehen werden.

Es mag schließlich kurz angedeutet werden, daß eine genaue Bestimmung der Abflußmenge nicht nur die Größe, sondern auch die Form des Abflußgebietes (ob kreisförmig, quadratisch oder langgestreckt) und außerdem die Lage des Kanals in dem Gebiet (ob symmetrisch oder nicht) zu berücksichtigen haben würde. Diese Verhältnisse lassen sich nur im einzelnen Falle verfolgen und durch Feststellung der sogen. Abflußkurve, d. i. einer Kurve, die für einen bestimmten Punkt des Kanalnetzes die stattfindenden Wechsel in den Abflußmengen darstellt, klarlegen.

Es bleibt nunmehr die Frage zu erörtern, welche unter den größeren Regenfällen es sind, die der Projektierung einer Entwässerungsanlage zu Grunde gelegt werden sollen?

Besonders hohe Regenfälle finden nur sehr selten statt. Wollte man also die Kanalanlage nach diesen bemessen, so würde

sie nur in sehr seltenen Fällen ausgenutzt werden, daher unökonomisch sein. Für solche abnormen Fälle kann in wirtschaftlich zulässiger Weise nur durch sogen. Noteinrichtungen gesorgt werden.

Wirtschaftlich richtig verfährt man, indem man der Berechnung des Kanalnetzes in seinen für normale Funktionierung bestimmten Teilen diejenigen größeren Regenfälle zu Grunde legt, auf deren Wiederkehr in nicht zu langen Zeiträumen mit Wahrscheinlichkeit gerechnet werden muß.

Ueber große und größte Regenfälle hat Hellmann eine Zusammenstellung veröffentlicht, in der besonders auf die Dauer größerer Regenfälle eingegangen wird. Hellmann weist nach, daß unter 56 verzeichneten großen Regenfällen 34 nicht die Höhe von 35 mm in der Stunde erreichen, und daß Regenfälle von mehr als 24 mm stündlicher Höhe höchstens die Dauer von 3 Stunden haben. Jene besonders hohen und diese — bei ihrer geringen Höhe — besonders lang dauernden Regenfälle bilden also Ausnahmen.

Aus dem Hellmann'schen Nachweise kann folgende Tabelle berechnet werden, in welcher die Zahlen Durchschnittswerte aus je fünf Beobachtungen sind:

Regenhöhe und Regendauer, nach Hellmann:

Beobachtungs- gruppe	Wirklich gefallene Regenhöhe mm	Auf 1 Stunde be- rechnete Regen- höhe mm	Regendauer, Stunden
I	43,0	4,6	9,3
2	80,2	6,3	12,8
3	83,2	7,5	11,1
4	44,4	12,0	3,7
5	65,2	15,5	4,2
6	60,4	24,7	2,45
7	58,8	30,9	1,9
8	86,4	43,2	2,0
9	52,6	60,7	0,86
10	50,1	73,3	0,68
11	37,0	86,9	0,36

Diese Zahlen lassen die Abhängigkeit der Regen-Dauer von der Regen-Intensität deutlich hervortreten: je geringer die Regendichte, je länger die Dauer, und umgekehrt; außergewöhnlich starke Regen erreichen fast immer nur die Dauer von Bruchteilen einer Stunde.

Beispielsweise hatten nach der Zusammenstellung von Hellmann:

I	Regen von	72	mm	stündlicher	Höhe	20	Minuten	Dauer
I	"	"	96	"	"	15	"	"
I	"	"	123	"	"	7	"	"
I	"	"	125	"	"	15	"	"

Hellmann hält es statistisch für erwiesen, daß in der nord-deutschen Tiefebene (welcher noch das Königreich Sachsen und die Rheinlande zugerechnet werden) auf Stundenmaxima der Regenhöhe von 60—75 mm gerechnet werden muß. Solch große Regen-

höhen, welche 165—205 l pro Sekunde und ha oder, mit Berücksichtigung der verlängerten Abflußdauer, etwa 60—70 sogen. Sekundenliter ergeben, der Berechnung der Kanalquerschnitte in dem Falle zu Grunde zu legen, wenn es sich um eine einigermaßen ausgedehnte Entwässerungsanlage handelt, würde aber die Kosten in der Regel so sehr verteuern, daß sie unterbleiben müßte. Nur die der Entwässerung kleiner Flächen dienenden Einrichtungen lassen sich in der hiernach erfordernten Größe noch zu rechtfertigungsfähigen Kosten schaffen, während, wenn es sich um große Anlagen mit sogen. Hauptteilen der Anlagen (Hauptsammlern) handelt, die Ansprüche notwendig beschränkt werden müssen und für Regenfälle besonderer Größe durch Notanlagen (Regenüberfälle) vorzusorgen ist.

Dabei wird man keine vollkommenen Anlagen erhalten, indem bei besonders großen Regenfällen das Wasser in den Einlässen und Einsteigebrunnen sich aufstauen, auch wohl niedrig gelegene Straßenstrecken und einzelne Keller überschwemmen wird, wenn es nicht möglich ist, gegen letztere, sehr mißliche Eventualität zuverlässig wirkende Sicherungsvorkehrungen zu treffen. Hierüber folgt Näheres unter XVII. —

Wie weit man in einer Reihe von Städten hinsichtlich der Aufnahmefähigkeit der Kanäle thatsächlich gegangen ist, ergibt folgende Zusammenstellung:

Tabelle über abzuführende Regenwassermengen.

Namen der Städte	Sekundenliter pro ha.
1) Breslau, Nebenkanäle	6
„ Hauptkanäle	3
„ Auslaßkanäle	1,5
2) Stuttgart, wechselnd	12—17
3) Nürnberg, Danzig, wechselnd	12—18
„ außerhalb Regenüberfall	0,5—0,75
4) Dortmund	8,3—16,7
5) München	35—76
6) Buda-Pest.	11—21
7) Witten a. d. Ruhr, Stettin, Karlsruhe	18
8) Lüttich	20
9) Frankfurt a. M.	12—30
10) Berlin	10,6—21,2
„ unterhalb Regenüberfall	1,35
11) Chemnitz	17—50
12) Freiburg i. Br.	20—50
13) Hamburg	39
14) Köln, unterhalb Regenüberfall	2,8
15) Mülhausen in E. (Proj.)	20—30
16) Mannheim	42—84
17) Mainz	28—55
18) Wien	9,2—27
19) Königsberg	40—60
20) Kaiserslautern	56—110
21) Wiesbaden	5,5—73

Die großen Verschiedenheiten in diesen Zahlen würden sich zwar schon aus dem, was vorausgeschickt worden, erklären; doch mag ein weiterer Umstand, welcher dabei wirksam gewesen ist, hier noch kurz

berührt werden. Es sind in einzelnen Orten vergleichsweise große Regenhöhen angenommen worden, aus dem Grunde, daß die örtlichen Verhältnisse die Möglichkeit boten, beträchtliche Mengen von Regenwassern auf kurzem Wege durch Regenüberfälle offenen Recipienten zuzuleiten. In anderen Fällen sind aber die aufzunehmenden Regenmengen wohl aus weitgetriebenen Sparsamkeitsrücksichten sehr gering, hier und da auch zu gering angenommen worden, wie z. B. in Breslau bei den ersten Anlagen. Solche Sparsamkeit macht sich bei größeren Regenfällen in den Straßen und Kellern der anliegenden Häuser unangenehm fühlbar.

- 1) Durand-Claye, *Berichte über den internationalen Kongress für Hygiene und Demographie zu Wien 1887 H. IV.*
- 2) Köhn, *Die Entwässerung von Charlottenburg*, Vierteljahresschr. f. öffentl. Gesundheitspflege (1887).
- 3) van Bebber, *Die Regenverhältnisse Deutschlands 1877.*
- 4) Hellmann, *Ueber Niederschlagsmengen*, Zeitschr. des Königl. Preuss. statistischen Bureau (1884) 251 ff. (auch als Sonderabdruck erschienen).
- 5) Hellmann, *Das Klima von Berlin*, Abhandlungen des Königl. Preuss. meteorologischen Instituts 1. Bd. No. 4.
- 6) Hellmann, *Ueber Einrichtung eines Regenfeldes in der Umgebung von Berlin und die Ergebnisse der Beobachtungen*. Jahresberichte des Berliner Zweigvereins der Deutschen meteorologischen Gesellschaft von 1884 an.
- 7) Seckendorf, *Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs* 2. Bd. (1879).
- 8) Lueger, *Die Wasserversorgung der Städte* (1892).
- 9) Ebermayer, *Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden* (1873).
- 10) Ebermayer, *Der Einfluss des Waldes und der Bestanddichte auf die Bodenfeuchtigkeit und die Sickerwassermengen*, in den „Forschungen aus dem Gebiete der Agrikultur-Physik“ (1889).
- 11) Bürkli-Ziegler, *Größte Abfußmengen bei städtischen Abzugskanälen. Zusammenstellung derselben im Gesundheits-Ingenieur* (1882).
- 12) Briz, *Die Kanalisation von Wiesbaden* (1887).
- 13) Baumeister, *Städtisches Straßenwesen und Städtereinigung* (1890).
- 14) Franzius und Sonne, *Handbuch der Ingenieurwissenschaft* 3. Bd.
- 15) Gordon, *The drainage of continental towns*, Leicester 1885.
- 16) Lent, Köln, *Festschrift zur 61. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte* 1888.

2. Häusliche Brauchwasser.

a) Beschaffenheit.

Aehnlich wechselnd und unbestimmt wie die Beschaffenheit des Straßenwassers ist auch diejenige des Brauchwassers; da dieselbe nicht allein von dem Wasserverbrauch pro Kopf, sondern auch von der Art der Nahrungsmittel und von Einrichtungen der Abfuhr und der Entwässerung des Hauses abhängt. Wie in manchen Fällen mehr oder weniger große Mengen von Exkrementen in die Ausgußbecken gelangen, werden umgekehrt, an anderen Stellen offene Gräben, Gärten- und Hofflächen, Düngerhaufen, Gruben, Tonnen u. s. w. als leicht erreichbare Ablagerungsstätten für faulende Stoffe benutzt.

Die Beseitigungen auf Unrechtwegen können einen ganz bedeutenden Umfang erreichen, der aber nur durch Verfolgung des einzelnen Falles näher bestimmbar ist; allgemeinen Zahlen, welchen man hier und da über die Menge der auf „Unrechtwegen“ beseitigten Abfallstoffe begegnet, kann keine Bedeutung beigelegt werden. Bei bequemen Badeeinrichtungen, guten Wasserklosetts und Pissoirs, überhaupt einem etwas höher liegenden Reinlichkeitszustande in den Häusern werden die

Phosphatmenge bei. Da der Harn fast 3mal mehr Stickstoff und $2\frac{1}{2}$ mal mehr Phosphate als die Faeces liefert, ist ersterer ungleich wichtiger für die öffentliche Gesundheitspflege als letztere; seine Bedeutung wird durch die flüssige Form noch wesentlich gehoben. Während die Faeces wegen ihres geringen Wassergehalts an der Oberfläche rasch trocknen, auch nicht leicht in den Boden hineingewaschen werden, wird vom Harn nur relativ wenig durch Verdunstung verloren gehen, der größere Teil vielmehr in den Boden versickern.

Der Wassergehalt der Exkremente beträgt in den Faeces i. M. 75 Proz., im Urin i. M. 94,5 Proz. Da das spezifische Gewicht der Faeces = 1,067 ist, dasjenige des Urins 1,027, würde bei der Mischung in dem Verhältnis von $\frac{1}{12,9}$ das spezifische Gewicht von Grubeninhalt

$$1) \frac{1,067 + 12,9 \cdot 1,027}{13,9} = 1,03 \text{ sein, jedoch bei der stattfindenden}$$

Verdunstung sich gewöhnlich dem spezifischen Gewicht der Faeces nähern, daher i. M. vielleicht zu 1,05 anzunehmen sein. Im ruhenden Wasser würden also die menschlichen Auswurfstoffe die tiefste Stelle einzunehmen streben.

Alle obigen Angaben gelten für frische Exkremente, ein Zustand, der sich infolge der Bildung großer Mengen von Gasen rasch ändert (vergl. S. 33). Da sich dieser Prozeß über einen längeren Zeitraum ausdehnt, können Angaben über die Zusammensetzung von nicht frischen Abtrittsstoffen keine allgemeine Bedeutung besitzen und müssen bedeutende Unterschiede aufweisen. Auch wird der ursprüngliche Stickstoffgehalt von mannigfachen Aenderungen betroffen, indem er sich z. B. teilweise zu Salpetersäure oxydiert, daher in nicht frischen Exkrementen geringer sein kann als in frischen. Mit dieser Bevorzugung sind daher auch alle Angaben, über Stickstoffgehalt von häuslichen Brauchwassern bzw. Abwassern welche Exkremente enthalten, aufzunehmen.

Ähnlichen Wechsell, wie die Exkremente, sind die sonstigen Verunreinigungen des Brauchwassers unterworfen, daher auch die über die Zusammensetzung solcher Wasser gegebenen Zahlen in der Regel mit einem Vorbehalt zeitlicher Natur aufgenommen werden müssen. Es stellen sich bei ihnen Schwankungen von einiger Regelmäßigkeit, nach der Jahreszeit, nach den Wochentagen und der Tageszeit, mit Bezug auf den wechselnden Wasserverbrauch, die Lebensweise u. s. w. heraus. Der Aenderung des Wasserverbrauchs entsprechend wird die Verunreinigung der häuslichen Brauchwasser etwa den umgekehrten Gang wie die Brauchwassermenge nehmen, daher der wahrscheinlich höchste Verunreinigungszustand während Stunden stattfinden, in denen der Wasserverbrauch am kleinsten, die Menge der zugeführten Fäulnisstoffe dagegen am größten ist. In der Regel werden dies die mittleren Vormittagsstunden sein. Ein mittlerer Verunreinigungszustand wird im allgemeinen mit den Stunden des mittleren Wasserverbrauchs — den späteren Vormittagsstunden und frühen Abendstunden — zusammenfallen. Siehe die Analysen von Th. Weyl auf S. 150.

b) Menge der Brauchwasser.

Wechsel in der Menge des Brauchwassers resultieren aus den verschiedensten Umständen, insbesondere aber aus sozialen Verschiedenheiten der Stadtbewohner. Mit der Größe der Stadt,

insbesondere der Bevölkerungsdichte, wächst der auf den Kopf der Bevölkerung treffende Wasserverbrauch. Er kann auch in Stadtteilen mit wohlhabender Bevölkerung das 10- bis 20-fache desjenigen eines Stadtteils mit ärmlicher Bevölkerung erreichen. Während hier der Bedarf mit 10 l Wasser pro Tag vollauf befriedigt, mag dem Wohlhabenden selbst bei 150 l noch ein gewisser Mangel fühlbar sein. (Näheres hierüber unter „Wasserversorgung“ in Bd. I Abtlg. 2 dieses Handbuchs.)

Der Wasserverbrauch wechselt auch stark mit der Jahres- und Tageszeit. Dies gilt insbesondere von kleineren Städten mit offener Bauweise, wo im Sommer die Besprengung der Hausgärten, Hofflächen u. s. w. einen Umfang erreichen kann, daß der Konsum das 3- bis 5-fache desjenigen in der Winterszeit beträgt, ohne daß auf die Menge der Brauchwasser dadurch ein merkbarer Einfluß geübt wird.

Setzt man den Durchschnittsverbrauch des einzelnen Tages vom ganzen Jahre = 1, so findet am Tage des stärksten Verbrauches — der in den August oder September zu fallen pflegt — erfahrungsmäßig ein Verbrauch = 1,2—1,6 statt. Nach obiger Bezeichnungsweise ist der durchschnittliche Stundenverbrauch rund $\frac{1}{24}$; im Vergleich zu welchem der, gewöhnlich in die Nachmittagsstunden fallende, größte Stundenverbrauch wieder = $\frac{1,2}{24}$ bis $\frac{1,6}{24}$ beträgt. Danach ist das Stundenmaximum des Wasserverbrauchs, bezogen auf den durchschnittlichen Tagesverbrauch im Jahre:

$$\frac{(1,2 \text{ bis } 1,6)}{24} = \frac{1}{16} \text{ bis } \frac{1}{9}.$$

Dasselbe beträgt beispielsweise bei 100 l durchschnittlichem Tagesverbrauch 6—11 l.

In den Nacht- (frühen Morgen-) Stunden findet ein Minimum des Wasserverbrauchs statt, welches bis auf $\frac{1}{30}$ bis $\frac{1}{60}$ des durchschnittlichen Tagesverbrauchs und selbst noch weniger herabgehen kann, also bei 100 l durchschnittlichem Tagesverbrauch auf etwa 1,5—3 l und weniger; der durchschnittliche Stundenverbrauch würde bei 100 l etwa 4 l sein.

Bei der Berechnung der Gesamt-Abflußmengen pflegt das Stundenmaximum des Brauchwassers voll in Ansatz gebracht zu werden, ungeachtet ein gewisser Verlust durch Verschütten, Verdunsten oder besondere Nutzungsweisen, der bis zu 50 Proz. gehen kann, dabei stattfindet. Der Grund für jenes Verfahren ist darin gegeben, daß mit dem Abfluß des Stundenmaximums zufällig eine vermehrte Zuführung von Wasser beim Spülen der Kanäle, ferner auch ein großer Regenfall zusammentreffen kann. Man wird ferner zu berücksichtigen haben, daß in der Zukunft, bei zunehmender Bevölkerungsdichte sich der Wasserverbrauch pro Kopf erhöhen kann (vergl. unter Cap. II).

Wie das Regenwasser, muß auch die Brauchwassermenge auf die Flächeneinheit des Niederschlagsgebietes zurückgeführt werden. Dazu ist die Kenntnis der Bevölkerungsdichte, und zwar der nach Lage der besonderen Verhältnisse mit Wahrscheinlichkeit für einen vorausliegenden Zeitpunkt zu erwartenden größten, not-

wendig; letztere ist aus der Bevölkerungstatistik des Ortes zu ermitteln. Als Beispiel mag angeführt werden, daß bei der Planverfassung der Berliner Kanalisation im Radialsystem III die Kopfzahl pro ha 232 betrug, daß man aber bei Bemessung der Brauchwassermenge — sehr vorsichtig — 738 Köpfe, das 3,18-fache, zu Grunde gelegt hat. Ähnlich in anderen Orten, z. B. in Mülhausen i. E., dessen durchschnittliche Bevölkerungsdichte im Jahre 1890 pro ha 86 betrug; dort ist eine zu erwartende durchschnittliche Dichte von 300, die nach Gebietsteilen zwischen 100 und 500 wechselt, für die Bestimmung der Brauchwassermengen in Rechnung gestellt worden.

Wird der durchschnittliche Tagesverbrauch an Wasser mit r bezeichnet, die Kopfzahl pro ha mit n , so ist die von 1 ha in der Zeit des größten Abflusses abzuführende Brauchwassermenge b :

$$b = \left(\frac{1}{16} - \frac{1}{9} \right) \frac{n r}{3600} \text{ Sekunden-Liter (Sek.-L.)}$$

Die für eine Anzahl von Städten gemachten rechnungsmäßigen Annahmen über die Brauchwassermengen sind in nachstehender Tabelle ¹⁷ angegeben.

Namen	Einwohnerzahl pro ha jetzt und bezw. künftig	Sek.-L. (pro ha)	Prozent der Regenwasser- mengen	Stunden- maximum des Wasser- verbrauchs	Durch- schnittl. Wasser- verbrauch pro Kopf u. Tag. l.
1) Dortmund . . .	—	0,22 bz. 0,8	1,3—9,5	$\frac{1}{16}$	135
2) München . . .	{ 55—470 } 80—700	0,2—1,8	0,9—8,0	$\frac{1}{16}$	150
3) Buda-Pest . . .	500	1,1	5,3—10,0	$\frac{1}{30}$	158
4) Stettin . . .	800	1,9	10,5	$\frac{1}{18}$	125
5) Nürnberg . . .	540	0,56—0,85	3,1—7,1	$\frac{1}{16}$	90
6) Danzig . . .	{ 180—480 } 360—530	0,56—0,83	—	$\frac{1}{16}$	90
7) Berlin . . .	{ 200—500 } 400—800	{ 0,77—1,54 } i. M. 1,31	3,6	$\frac{1}{18}$	127
8) Witten a. d. R.	165—300	0,83—2,1	4,6—11,6	$\frac{1}{18}$	120
9) Karlsruhe . . .	{ 80—400 } 400	2,1	6,0	$\frac{1}{8}$	150
10) Wien . . .	—	0,7	2,6—7,6	—	—
11) Hamburg . . .	—	0,54	1,4	$\frac{1}{18}$	140
12) Breslau . . .	250	0,54	—	$\frac{1}{16}$	124
13) Köln . . .	250—400	0,8—1,3	1,9—4,0	$\frac{1}{18}$	140
14) Chemnitz . . .	250—500	0,4—0,8	—	$\frac{1}{18}$	100
15) Braunschweig (Proj.) . . .	125—320	1,41—1,80	—	$\frac{1}{18}$	112,5
16) Düsseldorf . . .	{ 150—600 } 400—1000	0,79—1,94	—	$\frac{1}{18}$	127
17) Königsberg i. Pr.	550—600	1,5	0,015—0,037	$\frac{1}{16}$	150
18) Mannheim . . .	{ 300 } 270—400	1,0	—	$\frac{1}{18}$	100 bz. 160
19) Wiesbaden . . .	75—400	0,15 bz. 0,65	—	$\frac{1}{18}$	100
20) Mülhausen i. E. (Proj.) . . .	100—500	0,154—0,772 i. M. 0,477	2,3	$\frac{1}{18}$	100

Aus dieser Tabelle und der auf S. 141 mitgeteilten Tabelle über Regenwassermengen folgt zunächst, daß die sekundl. Brauchwassermenge selbst in Städten mit hoher Bevölkerungsdichte im Vergleich zur Regen-

wassermenge gering ist. Bei fast allen in obiger Tabelle aufgeführten Orten ist die Wasserversorgung nach heutiger Anschauung eine reichliche, und bei keinem ist von der zugeführten Wassermenge ein Abzug für Verdunstung u. s. w. gemacht. Trotzdem erreicht die Brauchwassermenge auch in den Stunden des Maximalverbrauchs nicht mehr als einige wenige Prozent der in die Kanäle aufzunehmenden Regenwassermenge.

In der obigen Tabelle tritt dies freilich nicht besonders klar hervor aus dem Grunde, daß darin neben sehr niedrigen auch sehr hohe Prozentzahlen verzeichnet sind; letztere Zahlen beziehen sich auf Gebietsteile, für welche die Regenmengen niedrig, der Wasserverbrauch aber hoch angesetzt worden ist.

Genauer ersichtlich wird das Verhältnis der Brauchwassermenge zur Regenwassermenge aus folgendem Beispiel:

Täglicher Wasserverbrauch pro Kopf	= 100 l
Bewohnerzahl pro ha	= 500 l
Stündlicher Maximalverbrauch	= $\frac{1}{3}$

Dann ist nach obiger Formel die pro ha abfließende Brauchwassermenge:

$$b = \frac{100 \cdot 500}{9 \cdot 3600} = 1,54 \text{ Sek.-L.}$$

Die Regenwassermenge zu = 50 Sek.-L. angenommen, wird das Verhältnis:

$$\frac{\text{Brauchwassermenge}}{\text{Regenwassermenge}} = \frac{1,54}{50} \text{ oder } \frac{1}{33} \text{ oder 3 Proz.}$$

Nach der Höhe der zu Grunde liegenden Annahmen darf der Anteil von 3 Proz. bereits als ein großer betrachtet werden; gewöhnlich wird derselbe kleiner sein und 1,5–2 Proz. nicht überschreiten. Es folgt daraus, daß die notwendige Querschnittsgröße der Kanäle durch die Brauchwassermenge kaum beeinflusst wird. Die Querschnittsgröße der Kanäle wird vielmehr, weil ein gewisser Ueberschuß schon als Sicherheitskoeffizient nicht entbehrt werden kann, allein durch die Regenwassermenge bestimmt. Mit anderen Worten: ob man in die für Ableitung des Regenwassers genügend weit bemessenen Kanäle das Brauchwasser mit aufnimmt oder nicht, äußert auf die Baukosten derselben keinen Einfluß.

Ergänzend hinzuzufügen ist vielleicht, daß da, wo eine zur Aufnahme ausreichender Mengen von Regenwasser eingerichtete Entwässerungsanlage besteht, kein Grund vorliegen kann, den Wasserverbrauch in den Häusern aus Rücksicht auf die Kanalweite Einschränkungen zu unterwerfen; solche Beschränkungen würden jedoch mit Bezug auf etwaige Reinigungs- (Desinfektions-)Kosten ins Gewicht fallen können.

Weiter ist erläuternd hinzuzusetzen, daß die Jahressumme des Brauchwassers pro ha die Jahressumme des Regenabflusses pro ha allerdings gewöhnlich übersteigen wird; dies hängt von der Bevölkerungsdichte und dem Wasserverbrauch ab. Bei etwa 125–150 Bewohnern pro ha und normalem Wasserverbrauch werden die Jahressummen der abfließenden Brauch- und Regenwasser etwa gleich sein.

Die für 1 ha geltende sekundliche Menge an Exkrementen,

in l ausgedrückt, wird, unter Zugrundelegung der Pettenkofer'schen Angabe (462 kg), nach der Formel gefunden:

$$e = \frac{mn}{24 \cdot 60 \cdot 60} = \frac{462 n}{24 \cdot 60 \cdot 60} = \frac{365 \cdot 1,05}{24 \cdot 60 \cdot 60} = \frac{1,20 n}{86400}$$

3. Fabrikwasser und Quellenwasser.

Fabrikwasser wechseln in ihrer Zusammensetzung stark mit der Art der Betriebe und lassen sich ihrer Menge nach nur durch besondere, in jedem einzelnen Falle vorzunehmende, Ermittlungen bestimmen. Kann dies nun auch mit ausreichender Sicherheit ausgeführt werden, so besteht doch völlige Ungewißheit über etwaige spätere Aenderungen, indem die ungefähr zu übersehende Bevölkerungszunahme zuverlässige Grundlagen für die Zunahme der Fabrikwassermengen nicht bietet. Hier ist man also betreffs der Zukunft durchaus auf Schätzungen angewiesen.

Als Beispiel werde angeführt, daß für die sehr industriereiche Stadt Mülhausen i. E. die durch spezielle Ermittlungen bestimmte Menge der Fabrikwasser das Vierfache des häuslichen Wasserverbrauchs erreicht. In Bochum betrug 1888—89 die Menge der Fabrikwasser 103 l, in Duisburg 94 l, in Elberfeld 1889—90 65 l, in Zürich 1888 49 l, in Halle 1889—90 30 l, überall pro Kopf und Tag der Bevölkerung gerechnet. In Birmingham kommen auf den Kopf der Bevölkerung pro Tag 222 l, in Glasgow 363 l, in Rheims (mit großer Leinenindustrie) sogar 406 l Fabrikwasser.

Schlößing und Durand-Claye veranschlagten für industriereiche Städte die Menge der Fabrikwasser auf 200—300 l pro Kopf und Tag — etwa das Doppelte des Wasserverbrauchs für häusliche Zwecke in Städten ohne Industrie.

Wie auf Fabrikwasser in Industriestädten ist auf Quellenwasser in Badeorten Rücksicht zu nehmen; in welchem Umfange bestimmt sich durchaus nach der Oertlichkeit. In Wiesbaden erreicht beispielsweise an regenfreien Tagen der Anteil der Quellenwasser etwa 15 Proz. der Kanalwassermenge.

Danach können die Fabrik- und Quellenwasser bei der Größe u. s. w. der Entwässerungsanlage allerdings ins Gewicht fallen, und erscheint das Bestreben, dieselben möglichst von der Aufnahme in die Kanäle auszuschließen und für ihre direkte Ableitung in offene Gewässer zu sorgen, auch aus diesem Grunde berechtigt.

Neben harmlosen Bestandteilen kommen allerdings in Fabrikwassern hoch giftige und wieder andere vor, welche mikroskopisches Leben begünstigen, endlich noch andere, die zu mächtigem Anwuchs von Algen in offenen Wasserläufen Veranlassung geben können. Harmlos sind Kondensationswasser von Dampfmaschinen, insofern als in ihnen keine anderen Verunreinigungen als aus den Schmiermitteln der Maschinen herrührendes Fett etc. enthalten sind. Dennoch schließt man Kondensationswasser von der Aufnahme in die Kanäle in der Regel aus, weil die in ihnen gelösten oder suspendierten Stoffe die Wandungen und Sohlen der Kanäle mit einer nur schwierig zu beseitigenden Schmutzschicht

überziehen, auch die Wärme der Abwasser die Fäulnis begünstigt. Die etwaige Aufnahme geschieht in der Regel nur unter der Bedingung, daß sie zuvor bis auf mindestens 35° C abgekühlt werden. Bei einigen Mengen legt man für diese Wasser am besten besondere Ableitungen an, welche die abgekühlten, ev. von Fett etc. befreiten Wasser zu den nächsten offenen Gewässern führen; wie weit dies Mittel ökonomisch ist, hängt durchaus von der Länge ab, welche die betreffenden Ableitungen erreichen.

Wasser aus chemischen Fabriken (Soda-, Schwefel-, Salz-, Salpeter-, Oxalsäure-, Chlorkalk-, Farbwaren- u. s. w. -Fabriken), auch solche aus Seiden- und Wollwarenfabriken sind mehr oder weniger reich an Säuren und mineralischen Giften.

Wasser aus Färbereien, Druckereien und Bleichereien enthalten große Mengen von Chlor und Schwefelsäure, im übrigen insbesondere Stickstoff, aber nicht in so großen Mengen als die häuslichen Brauchwasser.

Besonders stickstoffreich sind Wasser aus Gerbereien, besonders reich an Pflanzenstoffen Wasser aus Papier- und Wollwarenfabriken. Unerwartet große Mengen organischer Stoffe, besonders Pflanzenstoffe, finden sich auch in den Abwassern von Zuckerfabriken, die freilich in der Regel außerhalb geschlossener Orte angelegt werden und daher für den vorliegenden Zweck gewöhnlich belanglos sind. (Vergl. über die Fabrikwasser unter Flußverunreinigung in diesem Bande.)

4. Mischung städtischer Abwasser.

a) Anteil der exkrementellen Stoffe und des Stickstoffs.

Infolge der S. 133 besprochenen Thatsache, daß im größten Teile von Deutschland durchschnittlich höchstens jeden 6. Tag Regenwasser in die Kanäle gelangt, führen, abgesehen von Fabrikwassern, die Kanäle an mindestens $\frac{5}{6}$ der Anzahl aller Tage des Jahres nur häusliche Brauchwasser und menschliche Auswurfstoffe, welcher Zustand also für die durchschnittliche Zusammensetzung des Kanalwassers bestimmend ist. Bei der Ungewißheit jedoch, welche über Menge und Zusammensetzung der Brauchwasser herrscht, kann man sich auf dem Wege der Rechnung nur ein ganz ungefähres Bild über den Mengenteil an Exkrementen in den Kanalwassern verschaffen, dessen Kenntnis jedoch von einiger Bedeutung für das Urteil über die Kanalisations-Systeme ist.

Unter Zugrundelegung der Formeln S. 146 und 147 hat man:
Bei stärkster Verdünnung der Kanalwasser:

$$V_1 = \frac{\text{Menge der Exkremente}}{\text{Menge des Brauchwassers}} = \frac{0,000014 \, n}{\frac{v \, n}{9 \cdot 3600}} = \frac{0,45}{v}$$

Dagegen bei stärkster Konzentration:

$$V_2 = \frac{\text{Menge der Exkremente}}{\text{Menge der Brauchwasser}} = \frac{0,000014 \, n}{\frac{v \, n}{50 \cdot 3600}} = \frac{2,52}{v}$$

Ein mittleres Verhältnis würde sich bestimmen aus:

$$V_m = \frac{0,000014 \, n}{v \, n} = \frac{1,21}{24 \cdot 3600}$$

Je nachdem man v zu 25—50—100—150 l (Tagesdurchschnitt des Wasserverbrauchs) annimmt, erhält man hiernach als wahrscheinliche Anteile der Exkremente im Brauchwasser:

$$\begin{array}{llllll} V_1 & = & 1,80 & \text{bezw.} & 0,90 & \text{bezw.} & 0,45 & \text{bezw.} & 0,30 & \text{Proz.} \\ V_2 & = & 10,8 & & 5,4 & & 2,52 & & 1,80 & & \\ V_m & = & 4,84 & & 2,42 & & 1,21 & & 0,81 & & \end{array}$$

Eine weitergehende Deutung als die, daß diese Zahlen Werte sind, in deren Nähe die Anteile der Exkremente im Kanalwasser sich halten, darf denselben nicht beigelegt werden. Dies ergibt sich schon, wenn nur beachtet wird, daß zwischen dem Wasserkonsum und der Zuführung von Exkrementen zu den Kanälen ein gewisser Parallelismus stattfindet. In den frühesten Morgenstunden sind beide am kleinsten; weiter in den Tag hinein verwischt sich der Parallelismus; es wird aber ein weitgehender Ausgleich in der Zusammensetzung des Kanalwassers durch die Verlangsamung des Abflusses in den Kanälen hervorgebracht, und besonders aus diesem Grunde ist es erlaubt, anzunehmen, daß die Extreme der Mischungen nur örtlich und zeitlich beschränkt auftreten, vielmehr die Zusammensetzung der Kanalwasser sich im allgemeinen nahe dem mittleren Verhältnis V_m halten wird*).

Aus dem Grunde, daß, die Brauchwassermenge übereinstimmend mit der Wasserzuführung angesetzt, also ein Abzug für Verdunstung etc. nicht gemacht ist, könnte vielleicht angenommen werden, daß die Verunreinigung etwas über V_m liegt; doch ist auf der anderen Seite zu beachten, daß aus Brunnen, offenen Gewässern und Fabrikwässern Beiträge zu den Brauchwässern geleistet werden, die in der obigen Rechnung gleichfalls außer Ansatz geblieben sind.

Esist vereinzelt unternommen worden, aus den Exkrementen-Mengen die in den Kanalwassern enthaltenen Stickstoff-Mengen zu berechnen. Eine solche Berechnung ist jedoch, weil noch andere Quellen vorhanden sind, aus denen Stickstoff zugeführt werden kann, und auch wegen der wechselnden Zusammensetzung der Exkremente selbst, namentlich aber bei dem Wechsel, der im Wasserverbrauch stattfindet, sehr unsicher. Ein Verfahren wie dasjenige: von der in den Kanalwassern durch Analysen nachgewiesenen Stickstoffmenge die aus der rechnungsmäßigen Menge der Exkremente ermittelte Stickstoffmenge in Abzug zu bringen und alsdann zu schließen: daß der verbliebene Rest die in exkrementenfreien Brauchwässern enthaltene Stickstoffmenge repräsentiere, muß daher als ganz unzulässig erscheinen. Weder kennt man

*) Diese Auffassung findet ihre Bestätigung in einer mündlichen Mitteilung von Th. Weyl, nach welchem in Berlin die Kanalwässer mit der Tageszeit folgenden Wechseln unterliegen. Es enthielt nach Weyl's Analysen die Flüssigkeit, welche durch Mischung der Kanalwässer aus 6 verschiedenen Radialsystemen Berlin's gewonnen worden war, an Stickstoff in mg pro 1 l Flüssigkeit:

10 Uhr abends	85	12 Uhr mittag	127
7 „ früh	98	5 „ nachmittag	87
		8 „ abends	55 Regen!

in einem gegebenen Augenblicke die Kopffzahl der Personen, noch denjenigen Anteil an den Exkrementen der angeschlossenen Ortsbewohnerschaft, welcher den Kanälen vorenthalten bleibt, noch die Brauchwassermengen, welche abfließen, genau genug, um einen so weitgehenden Schluß als zulässig ansehen zu dürfen.

Wie groß der Einfluß von Faktoren der angedeuteten und noch sonstiger Art sein kann, die sich der Rechnung entziehen, lehrt eine Zusammenstellung von Baumeister, welche folgt. Vorauszuschicken ist derselben, daß die großen darin hervortretenden Unterschiede sich zum Teil vielleicht aus Verschiedenheiten in der Untersuchungsmethode erklären und daß die Zahlen daher nur als zu ungefähren Vergleichen benutzungsfähig angesehen werden dürfen.

Analysen von Kanalwassern (Mitteilung von Baumeister¹⁷).

Stadt	Verhältnisszahl der Exkremente	Kanalwasser für 1 Kopf und Tag Liter	Bestandteile mg in 1 l = g in 1 cbm				Zusammen	Stickstoff mg in 1 l = g in 1 cbm	
			suspensiert		gelöst			für 1 cbm	pr. Kopf u. Tag
			unor- gan.	organ.	unor- gan.	organ.			
Mittel von 16 englischen Städten mit Wasserklosetts	1	180*)	242	205	722	1169	85	15	
London, Jahresdurchschnitt . . .	1	200*)	354	258	645	1257	80	16	
„ bei Platzregen	1	—	1828	514	631	2973	74	—	
Berlin, Jahresdurchschnitt**) . .	1	100*)	217	453	506	249	1425	70	
Danzig „ „	1	180*)	216	379	499	171	1265	65	
Frankfurt a. M., bei trockenem Wetter	0,7	100	76	72	573	285	1006	47	
„ „ „ bei Tauwetter	0,7	320	797	203	238	250	1488	67	
„ „ „ am Klärbecken	0,7	180*)	377	919	364	581	2241	115	
Zürich, Durchschnitt der Stadtteile	0,8	400	36	92	298	182	608	114	
Mittel von 15 englischen Städten mit gemischten Einrichtungen . .	0,4	150*)	178	213	824	1215	73		
Paris, Jahresdurchschnitt	0,8	150*)	1050	515	572	258	2395	45	
Wiesbaden, Salzbach als Haupt- kanal	0,2	345	40	34	1780	93	1947	23	
München, Ludwigs- und Maxvor- stadt	0,2	465	40	80	361	190	671	—	
Bremen	0	—	571	—	1109	—	60	—	
Essen	0	190	105	213	613	230	1161	106	
Halle	0	90	600	500	1200	700	3000	140	

Die Zahlen in Spalte 1 der Tabelle geben in Form eines Bruches an, von welchem Teile der Bewohnerschaft erlaubtermaßen die Kanäle zur Abführung der Exkremente benutzt werden dürfen; die Zahl 1 bedeutet daher, daß in der betr. Stadt die Gesamtmenge der Exkremente in die Kanäle gehen darf. Es ersieht sich aus der Tabelle, daß die in 1 cbm der Abwasser enthaltene Stickstoffmenge in keiner erkennbaren Beziehung zu der auf den Kopf der Bevölkerung pro Tag treffenden Kanalwassermenge steht. Auch entfernt sich die Stickstoffmenge von einem Mittelsatze der Stickstoffmenge (11—13 g pro Kopf und Tag) sowohl nach unten als nach oben hin und zwar hier und da sehr erheblich. Besonders bemerkenswert ist aber, daß

*) Die Zahlen sind Jahresdurchschnitte.

**) Vergl. die Anmerkung auf S. 151.

die Stickstoffmenge auch in Städten, in denen die Einführung von Exkrementen in die Kanäle verboten ist, den Mittelsatz überschreitet, während sie andererseits dort, wo die Einführung unbegrenzt gestattet wird, bis fast auf die Hälfte herabsinkt. Es müßte nach der Tabelle z. B. in der zweiten von den beiden dort angeführten, etwa gleichgroßen Gruppen englischer Städte, deren eine Wasserklosetts, deren andere Gruben (gemischte Einrichtungen) hat, die Stickstoffmenge kleiner als 11 g sein. Weil die Erfahrung dies nicht bestätigt, wird in England auch der Düngerwert von Kanalwassern aus Städten beider Gruppen fast gleich hoch geschätzt (im Verhältnis = etwa 5 : 6) und hinsichtlich der Beurteilung solcher Wasser vom gesundheitlichen Standpunkte ein Unterschied nicht gemacht.

In den Abwassern von Lille beträgt der Stickstoffgehalt 20 mg, in denjenigen von Roubaix 71 mg; beide Städte haben Grubensystem.

Solche großen Unterschiede und diejenigen, welche die Tabelle aufweist, kommen wohl zumeist auf Verschiedenheiten in dem Wasserkonsum bzw. auf den Einfluß von Besonderheiten gewerblicher Tätigkeiten in den betr. Orten zurück.

b) Mikrobenmenge.

Kanalwasser können außerordentlich reich an Mikroorganismen sein, sind es jedoch thatsächlich nicht immer.

Im Pariser Sammelkanal von Clichy hat Miquel in 1 ccm 6 000 000 Keime gefunden. Im Kanalwasser von Halle wurden 12, 108 und 257 Millionen, im Kanalwasser von Potsdam 108 — 258 Millionen in 1 ccm gezählt. Zum Vergleich mag angeführt werden, daß in den auf den Berliner Rieselfeldern gereinigten Wassern bei den im Jahre 1892/93 laufend angestellten Untersuchungen gezählt wurden:

In den Drainwassern von	Durchschn.	Max.	Min.
Beetanlagen	18 670	113 400	202
„ „ „ „ Wiesen	39 345	453 600	1080
„ „ „ „ Bassins	63 586	109 800	4180
„ „ Abflußgräben	10 845	69 700	646

Die Durchschnittszahlen der vorstehenden Tabelle sind unter Auslassung sowohl der außergewöhnlich großen als der außergewöhnlich kleinen Zahlen, welche nur unter besonderen Umständen auftreten, ermittelt worden; sie werden sich daher auch dem mittleren Zustande einigermaßen nähern.

Es diene ferner zum Vergleich, daß im Elbwasser auf der Flußstrecke von der böhmischen Grenze bis Niederwartha unterhalb Dresdens wechselnd von 10 000—38 000, in der Strecke von der Einmündung der Saale bis Magdeburg von 450—6400 Keime, im Wasser des Neckar in Cannstatt 20 600 und in dem der Isar oberhalb München 10 200 Mikroben gezählt worden sind.

Aus den obigen Zahlen kann nur erkannt werden, daß ein außerordentlich großer Reichtum neben einem außerordentlich großen Wechsel der Mikrobenzahl in unreinen Wassern stattfindet.

Durchschnittszahlen, wie sie hinsichtlich des Anteils an organischen Stoffen wenigstens ein, bis zu gewissem Grade angenähertes Bild der Wasserbeschaffenheit liefern, wird mit Bezug auf Mikroben nur eine geringe Bedeutung zukommen. Dies ist kein Mangel von größerer

Tragweite, weil die Kenntnis der Mikroben-Zahl im Vergleich zur Kenntnis ihrer Eigenschaften untergeordnet ist.

Ein großer Gehalt an Mikroben in Schmutzwassern kann, wenn darunter nicht pathogene sich befinden, vielleicht sogar als günstig erachtet werden, insofern als dieselben die Mineralisierung der organischen Stoffe unterstützen. Nur will folgender Unterschied beachtet sein: Während eine hohe Mikrobenzahl geringe Bedeutung besitzt, wenn es sich dabei um nur wenige Arten handelt, wächst ihre Bedeutung mit der Zahl der Mikrobenarten, weil mit dieser die Wahrscheinlichkeit, daß darunter auch pathogene sein können, zunimmt.

Indessen ist zu bemerken, daß das Vorkommen pathogener Mikroben in Kanalwassern, welches früher als regelmäßig angesehen ward, nach neueren Ansichten doch nur ein mehr zufälliges und vorübergehendes zu sein scheint; es bestehen hierüber aber heute noch gegen-
teilige Ansichten unter den Hygienikern.

Auch die früher vielfach gehegte Meinung, daß den Mikroben für den Uebergang aus Kanalwassern in die freie Atmosphäre Wege in größerer Zahl zur Verfügung stehen, hat neuerdings stark eingeschränkt werden müssen. Es sei zu dem hier vorliegenden, nur im Vorübergehen zu berührenden Gegenstande unter Verweis auf die bezügliche Speziallitteratur eine Äußerung Arnoulds¹⁸ wörtlich angeführt, welche lautet:

„Les eaux d'égout renferment des bactéries par millions; c'était certain d'avance. Mais le point capital est de savoir, si les bactéries pathogènes, qui ont quelque raison de s'y rencontrer, y trouvent le véritable milieu de leur culture spontanée. Nous avons vu, que les chances sont plutôt pour le contraire. Mais encore: les bactéries pathogènes de l'eau d'égout, peu torrentueuse, n'ont pas l'occasion de s'en échapper et de se répandre dans l'air libre.“

c) Schwebstoffmengen.

Ueber den stark wechselnden Anteil an Schwebstoffen, welchen Abwasser enthalten, kann ein ungefähres Bild aus der Tabelle S. 151 gewonnen werden.

Läßt man diejenigen dort verzeichneten Zahlen, welche sich auf besondere Zustände der Abwasser (Maxima oder Minima) beziehen, desgl. die Angabe für Paris (wo beträchtliche Mengen von Straßenschmutz in die Kanäle gelangen) außer Betracht, so ergibt sich als Gesamtmenge der Schwebstoffe (organischen und anorganischen Ursprungs) eine Zahl, die zwischen 200 und 600 (mg pro 1 l oder g pro 1 cbm) liegt, und als Durchschnittszahl 444 g. Das spezifische Gewicht der Schwebstoffe zu 1,1 angenommen, würde das Volumen derselben etwa 400 ccm betragen, d. h. das Mengenverhältnis der Schwebstoffe zur Wassermenge

$$= \frac{400}{1\,000\,000} = \frac{1}{2500} \text{ sein.}$$

Im Breslauer Kanalwasser, an der Pumpstation, beträgt der Anteil der Stickstoffe (sehr wenig) nur $\frac{1}{3570}$. Andere weit höhere Zahlen ergeben sich bei Kläranlagen mit Becken-Betrieb. In England rechnet man pro 1 cbm Abwasser auf 10 l Schlamm, der etwa 90 Proz. Wasser enthält. Bei der Klärung mögen noch 10 Proz. der Schwebstoffe unab-

geschieden verbleiben, und zum Fällen werden 0,25 kg, oder 0,35 l Aetzkalk für 1 cbm Abwasser verbraucht. Hiernach berechnet sich folgender Anteil an Schwebestoffen:

$$\frac{10 \cdot 0,1 \cdot 1,1 \cdot 0,65}{1000} \text{ rd. } \frac{1}{1400}$$

Ähnlich bei Kläranlagen mit Klärbrunnen- oder Klärturm-Betrieb, wobei 2,5—5 l, durchschnittlich 4 l Schlamm, mit 70 Proz. Wassergehalt abgeschieden werden. Zurückbleiben mögen in geklärtem Wasser 15 Proz. der Schwebestoffe. Bei gleichfalls 0,35 l Kalkverbrauch beträgt, wenn durchschnittlich 4 l Schlammmenge angenommen werden, der Antheil an Schwebestoffen:

$$\frac{4 \cdot 0,30 \cdot 1,15 \cdot 0,65}{1000} \text{ rd. } \frac{1}{1000}$$

Aus den Kanälen von 9 Radialsystemen der Berliner Kanalisation sind während des Rechnungsjahres 1892/93 8490 cbm Sand, Kaffeesatz u. s. w. entfernt worden, dazu aus den Sandfängen an den Pumpstationen noch 3694 cbm derselben Stoffe; im ganzen 12150 cbm; dies beträgt pro Kopf der angeschlossenen Bevölkerung 7,84 l, und verglichen mit der von den Pumpen geförderten Wassermenge $\frac{1}{5038}$. (Ganz ähnliche Zahlen haben sich auch in den Vorjahren ergeben.) Der obigen Menge müssen aber die in den Abwässern noch verbleibenden, mit den Wassern nach den Rieselfeldern geförderten Schwebestoffmengen hinzugerechnet werden, welche nach Tabelle (S. 151) $217 + 453 = 670$ g in 1 cbm betragen. Wird wegen der zuvor bereits stattgefundenen Entfernung des schwereren Sandes aus den Wassern ein spezifisches Gewicht der Schwebestoffe von 1,05 angenommen, so berechnet sich das Volumen zu $\frac{670}{1,05} = 638$ und das Mengenverhältnis daher zu:

$$\frac{638}{1\,000\,000} = \frac{1}{1567}$$

Durch Addition der beiden Zahlen findet man den Gesamtanteil an Sinkstoffen, den die Berliner Abwasser enthalten, $= \frac{1}{1200}$.

Dürfen auch die vorstehend ermittelten Zahlen wegen der mancherlei in ihnen enthaltenen Voraussetzungen nur als Annäherungen an die Wirklichkeit betrachtet werden, so gestatten sie doch den Schluß, daß der Gehalt städtischer Abwasser mit normalem Anteil an Schwebestoffen zwischen den Grenzen von $\frac{1}{1000}$ und $\frac{1}{3500}$ liegen, in der Regel aber der unteren Grenze näher als der oberen sich halten, d. h. $\frac{1}{1000} - \frac{1}{1500}$ betragen wird.

Ueber den mechanischen Angriff, den die Kanalwand durch reibende, scharfkantige und spezifisch schwere Stoffe erleidet, kann aus den für Berlin oben angegebenen Zahlen für den Gehalt an Sand und Kaffeesatz ein ungefähres Urtheil abgeleitet werden.

Es muß aber den aus den Abwässern entfernten 12150 cbm Sinkstoffen schwerer Art noch eine gewisse Menge, die in den Wassern verblieben ist, hinzugefügt werden; einen Anhalt für diese Menge bietet die

in der Tabelle S. 151 enthaltene Zahl. Wird angenommen, daß die dort verzeichnete Zahl von 217 g anorganischer Schwebestoffe vorwiegend von Sand herrührt, so würde das spezifische Gewicht derselben zu etwa 1,25 anzunehmen sein und alsdann das Volumen derselben sich berechnen zu:

$$\frac{217}{1,25} = 163 \text{ ccm,}$$

was ein Verhältnis zur Wassermenge ergibt von:

$$\frac{163}{1\,000\,000} = \frac{1}{6135}.$$

Diese Zahl addiert zu der oben angegebenen für den Sandanteil im Wasser, bevor dasselbe die Pumpstation passiert, ergibt den Anteil der Berliner Abwasser an Schwebestoffen schwererer Art zu:

$$\frac{1}{6135} + \frac{1}{5038} \text{ rd. } \frac{1}{2770}.$$

Bei der Vorzüglichkeit des Straßenpflasters und der Straßenreinigung in Berlin darf dieser Anteil von Sand bzw. spezifisch schweren Schwebestoffen im Kanalwasser wohl als ein Minimum betrachtet werden.

Je schwerer die Sinkstoffe in den Abwässern, um so näher bewegen sie sich der Sohle des Wassers, um so weniger leicht werden sie also durch die Regenüberfälle in die Flußläufe geführt.

- 1) Fischer, *Die menschlichen Abfallstoffe* (1892).
- 2) C. Heiden, *Die menschlichen Exkremente*, Hannover 1882.
- 3) Heiden, Müller und v. Langsdorff, *Beiträge zur Schwemmkanalisation* (1882).
- 4) Heinzerling, *Die Abwasser* (1855).
- 5) Fischer, *Das Wasser u. s. w.* (1891).
- 6) Köhn, *Die Kanalisation von Charlottenburg*, *Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege* (1887).
- 7) Jurisch, *Verunreinigung der Gewässer* (1889).
- 8) *Verwaltungsberichte des Magistrats von Berlin betr. die Verwaltung der Kanalisationswerke, vom Rechnungsjahre 1875 an.*
- 9) Grandke, *Die Rieselfelder von Berlin* (1892).
- 10) Uffelmann, *Jahresbericht über die Fortschritte der Gesundheitspflege, X. Jahrgang ff.*
- 11) Salkowski, *Untersuchungen über die Osdorfer Rieselfelder*, *Deutsch. mediz. Wochenschrift IX* (1883).
- 12) *Hygienische Rundschau 1893 S. 502, 512, 605.*
- 13) v. Nägeli, *Die niederen Pilze in ihren Beziehungen zu den Infektionskrankheiten* 1877.
- 14) Mori, *Ueber pathogene Bakterien im Kanalwasser*, *Zeitschr. f. Hygiene 4. Bd.*
- 15) Miquel, *Ueber die Zahl der Mikroben im Wasser, in den Annales de Montsouris* (1880).
- 16) Koch, *Desgl. in den Mitteilungen aus dem Kaiserl. Gesundheitsamt, Bd. I.*
- 17) Baumeister, *Städtisches Straßenvwesen und Städtereinigung* (1890).
- 18) Arnould, *Nouveaux éléments d'hygiène 2. éd.* (1889).
- 19) Behring, *Die Bekämpfung der Infektionskrankheiten, Bd. I* (1894).

IV. Entlastung des Kanalnetzes durch Regenüberfälle.

Die Notwendigkeit, den Querschnitt der Kanäle nach Regenfällen zu bemessen, welche nur einige oder selbst nur ein paar Male im Jahre eintreten (S. 139), ist ein Uebelstand, durch den das Baukapital der Kanäle zu einem großen Teile brach gelegt wird. Es ist aber auch ein Uebelstand in gesundheitlichem Sinne, insofern als die Kapazität (Wasserführungsfähigkeit) der Kanalprofile nur während eines sehr geringen Teils vom Jahre in Anspruch genommen wird, wodurch Schwierigkeiten für die Reinhaltung im übrigen längeren Teile desselben verursacht werden; für die allergrößten Regenfälle die Kapazität der Kanäle

einzurichten, ist überhaupt ausgeschlossen. Die Absicht einer Milderung dieser Uebelstände ist es, die zur Anlage von Regenüberfällen führt.

Wirtschaftlich wird die Anlage der Regenüberfälle um so günstiger sein, je kürzer die Wege sind, welche die vorläufig im Ueberfluß aufgenommenen Regenmengen in dem Kanalnetz bis zu dem durch Regenüberfälle vermittelten Austritt in das nächste offene Gewässer zurückzulegen haben.

Regenüberfälle können sogen. selbstthätige sein, worunter solche verstanden werden, über die ein Teil des Wassers den Abfluß selbstthätig nimmt, sobald der Wasserstand im Kanal eine bestimmte Höhe, die Höhe der Ueberfallsschwelle erreicht hat. Man bezeichnet auch noch diejenigen Regenüberfälle als selbstthätige, bei denen die Höhenlage der Ueberfallsschwelle nicht fest, sondern, vermöge Herstellung des Rückens der Schwelle als beweglicher Teil, veränderlich ist.

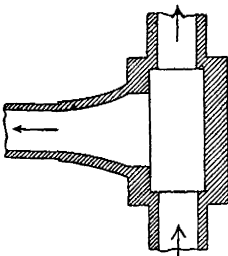
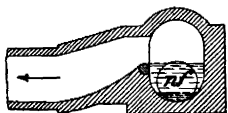


Fig. 1 und 2 stellen einen selbstthätigen Regenüberfall mit fester Schwelle dar.

Die Abzweigung desselben vom Kanal erfolgt rechtwinklig, und der Kanal hat an dieser Stelle im Interesse der Zugänglichkeit eine Erweiterung erhalten; die Abbildung veranschaulicht den Füllungszustand desselben unmittelbar vor Beginn der Thätigkeit des Regenüberfalls.

Fig. 1 und 2. Regenüberfall.

Die nicht selbstthätigen Regenüberfälle werden passend Notauslässe genannt. Sie treten erst nach Freilegung einer gewöhnlich geschlossenen Oeffnung in Funktion und der Abschluß derselben geschieht durch Schieber. Ob, wann und wie lange derartige Notauslässe in Thätigkeit sind, hängt nur von dem Willen der mit der Bedienung beauftragten Personen ab. —

Zur Bestimmung der zweckmäßigsten Lage eines Regenüberfalls sind oft sehr umfassende Vorstudien erforderlich. — Neben den Ermittlungen über die gewöhnlichen, die höchsten und die niedrigsten Wasserstände des offenen Recipienten ist, vom gesundheitlichen Gesichtspunkte aus, die Festsetzung der Höhenlage der Ueberfallsschwelle der wichtigste Teil der Aufgabe, weil von dieser das Verdünnungsverhältnis (der Reinheitszustand) der den Regenüberfall passierenden Wasser abhängt.

Wird der für die Abführung der normalen Wassermengen des Kanals erforderliche Teil des Kanalquerschnitts mit F bezeichnet (in Fig. 1 der ganze wassergefüllte Teil des Profils), so muß, um die Kanalwasser n -fach zu verdünnen, d. h. die gewöhnliche Verunreinigung derselben auf $\frac{1}{n}$ herabzubringen, F das n -fache des bei normalem Abfluß gefüllten untersten (in Fig. 1 durch dunklere Färbung markierten) Querschnittsteils f sein, also $F = nf$, aus welcher Bedingung die Höhenlage der Ueberfallsschwelle zu bestimmen ist. n ist aber auch der Quotient $= \frac{\text{Regenwassermenge}}{\text{Brauchwassermenge}}$ und für eine Anzahl von Städten hat dieser Quotient (vergl. die Tabellen S. 141 u. 146) folgende Werte:

Düsseldorf	2,1	München	5—7
Köln	2,2—3,5	Freiburg i. Br.	3,5
Hamburg	3,4	Berlin	6,4
Braunschweig (Proj.)	3,25	Emden	7
Frankfurt a. M.	4,0	Mülhausen i. E. (Proj. unter Zu-	
Wiesbaden	5,0	rechnung der Fabrikwasser) . .	8,8
Königsberg i. Pr.	4,5	Stettin	9,5
Chemnitz	5,0		

Bei größerer Höhenlage der Ueberfallsschwelle, als diesem Werte n entspricht, wird das austretende Wasser weniger, bei geringerer Höhenlage dagegen einen höheren Gehalt an Schmutzstoffen besitzen. Hierbei ist nur vorausgesetzt, daß die Menge des Schmutzwassers sich während des Regenfalls nicht etwa vergrößere. Da aber der Berechnung der Brauchwassermenge die Stunden des Maximalverbrauchs zu Grunde gelegt werden (S. 146 ff.), so wird diese Möglichkeit wohl fast immer ausgeschlossen, vielmehr umgekehrt in den meisten Fällen die während eines starken Regenfalls zufließende Brauchwassermenge kleiner und entsprechend der Gehalt des austretenden Wassers an Schmutzstoffen geringer als der rechnungsmäßige sein. Es ist jedoch weiter zu beachten, daß die sekundlichen Brauchwassermengen sich mit der Zunahme der Bevölkerungsdichte im allgemeinen vergrößern. Damit alsdann das Verdünnungsverhältnis $\frac{1}{n}$

nicht ungünstiger werde, bedarf es einer Erhöhung der Ueberfallsschwelle. Danach können nur Regenüberfälle mit veränderlicher Schwellenhöhe die dauernde Einhaltung eines und desselben Verdünnungszustandes der von ihnen abgeleiteten Wasser sichern.

Häufig werden zur Anlage von Regenüberfällen mit veränderlichen Ueberfallsschwellen auch Wechsel im Wasserspiegel des Recipienten Veranlassung geben.

Neben dem Schutz der Kanäle gegen (gefährdende) Ueberlastungen besteht die Notwendigkeit, die Flußläufe vor zu reichlicher Zuführung von Schmutzstoffen zu schützen. Hierzu ist zu bemerken, daß der Koeffizient n um so größer gewählt werden muß, je kleiner der Recipient ist, daß aber auch zu denjenigen Zeiten, wo die Regenüberfälle in Tätigkeit treten, der Recipient die größten Wassermengen führen wird. Für Regenüberfälle, die innerhalb der Stadt an einen Recipienten anschließen, muß n größer gewählt werden, als für solche, deren Anschluß stromabwärts, außerhalb des bebauten Stadtteils, geschieht. Für den letzten, stromabwärts liegenden Regenfall darf bei großen Recipienten bis auf $n = 2$ herab gegangen werden.

Regenüberfälle dürfen weder zu früh in, noch zu spät außer Tätigkeit treten; ihre Funktionsdauer muß also möglichst eingeschränkt und es müssen ferner die Kanalwasser dem Flusse auf möglichst zahlreiche und günstig liegende Stellen verteilt überwiesen werden. Danach muß die Konstruktion der Regenüberfälle so beschaffen sein, um die Wasser in nur geringer Schichthöhe, dafür aber um so größerer Schichtbreite abzuleiten. Die Regenüberfälle müssen daher breite Sohlen erhalten: dies auch noch aus dem anderen Grunde, daß sie eine rasche und wirksame Entlastung des Kanals nur dann zu leisten vermögen, wenn ihre Sohlenbreite ein Vielfaches derjenigen Weite ist, die der Kanal in der Höhe der Ueberfallsschwelle besitzt. Wären etwa beide Maße gleich, so würden bei gleichen Gefäll-

verhältnissen der Kanal und der Regenüberfall die überflüssig zufließenden Wassermengen zu gleichen Teilen weiterführen (der Regenüberfall noch etwas weniger als der Kanal), wogegen, wenn die Schwellenweite des Ueberfalls das m -fache der Kanalweite in Schwellenhöhe wäre, jene Wassermenge zum Anteile $m Q$ von dem Regenüberfall, und nur zum Anteil $(1-m) Q$ von der unteren Kanalstrecke übernommen würde. Bei $m=3$ würden beispielsweise der Regenüberfall $\frac{3}{4}$, der Kanal nur $\frac{1}{4}$ der oberhalb des Profiteils F (Fig. 2, S. 156) zufließenden Wassermenge übernehmen.

Für die relative Verbreiterung der Ueberfallsschwelle bietet sich das Mittel, die Kanalweite unterhalb des Regenüberfalls entsprechend der verminderten Wasserführung einzuschränken. Man macht von diesem Mittel indessen nur selten Gebrauch und erzielt bei dem Verzicht darauf ohne nennenswerte Kostenvermehrung den Vorteil, daß die Aufnahmefähigkeit des Kanalnetzes für das Straßenwasser gesteigert wird, das Wasser also entsprechend rascher von den Straßen u. s. w. verschwindet.

Was die Zahl der Regenüberfälle betrifft, so sind mehrere kleine Regenüberfälle einem großen vorzuziehen, und am wertvollsten sind die Regenüberfälle im oberen Teile des Kanalnetzes. Wenn nicht Hindernisse vorliegen, wird für etwa 20 ha Größe ein Regenüberfall hergestellt; unter schwierigen Verhältnissen kommt aber ein Regenüberfall erst auf die 4–5-fache Gebietsgröße. Bei der Auswahl der Stellen sprechen aber so vielerlei Rücksichten, oft einander widerstrebende, mit, daß das Ergebnis fast immer als ein Kompromiß erscheinen wird, welches mancherlei Ausstellungen offen steht. Neben den gesundheitlichen Anforderungen sind beispielsweise Richtung und Breite der Straßen, Länge und Gefälle des an den Regenüberfall anschließenden Kanals, Rücksichten auf das Flußprofil, auf Ufergestalt, auf Fernhaltung von Ablagerungen im Flusse, auf Wasserberechtigungen, Schifffahrt, Fischzucht u. s. w. zu nehmen. Alles in allem genommen, bildet die Aufgabe, zweckmäßige Regenüberfallanlagen zu schaffen, einen der schwierigsten Punkte bei Stadtekanalisationen, bei welchen Fehler, die vorgekommen sind, auch bald sehr unangenehm in die Erscheinung treten.

Werden alle Regenüberfälle eines Kanalnetzes unter Annahme desselben Verdünnungsverhältnisses n angelegt, so werden bei gleichmäßigem Regenfall in allen Teilen des Entwässerungsgebietes und auch gleichmäßigem Wasserverbrauch alle gleichzeitig in Funktion treten. Dies würde ein idealer Zustand sein, der wohl nur in seltenen Fällen erreichbar ist. Wo er besteht, würde er in jedem Zeitteilchen die Fortnahme einer Wasserschicht von bestimmter Höhe auch ziemlich gleicher Verunreinigung von der Oberfläche der Wasserführung im Kanal bedeuten, und die am unteren Ende des Kanalnetzes ankommenden Wassermengen würden dort, nachdem in der Anfangsperiode des Regenfalls die Mitführung der an den Kanalwänden in der vorhergegangenen Zeit etwa hängen gebliebenen Schmutzreste stattgefunden hat, weiterhin mit dem durch den Koeffizienten n bestimmten Verdünnungszustande austreten. Die Wirklichkeit wird, was die Beschaffenheit dieses austretenden Wassers betrifft, eine etwas andere, rechnerisch kaum verfolgbare, aber jedenfalls günstigere sein, schon aus dem Grunde, daß die bei der Berechnung des Kanalquerschnittes angenommene stündliche Hauswassermenge kaum so groß sein

wird, als angenommen ist, da bei derselben kein Abzug für Verdunsten gemacht ist und auch das Zusammentreffen des stärksten Regenfalles mit dem Stundenmaximum des Brauchwassers ein seltenes Ereignis sein wird. Weiter wird auch mit der Dauer des Regenfalles (bezw. mit dem Steigen des Wasserspiegels im Kanal über die Ueberfallsschwellenhöhe hinaus) und mit der Kanallänge das Kanalwasser immer reiner werden, wenn kanalabwärts die Profilgröße des Kanals eine verhältnismäßige Zunahme erfährt. Endlich wird auch dann das Kanalwasser, je mehr sich dasselbe dem unteren Kanalende nähert, immer reiner, wenn der Kanal im unteren Teil seines Laufes Gebiete geringerer Bebauung durchzieht, in denen ihm also geringere Beiträge an Hauswasser als aus den oberhalb liegenden Gebietsteilen zufließen. Schließlich kann angenommen werden, daß bei der kräftigen Strömung im Kanal nur die leichteren Schwebstoffe sich meist nahe der Oberfläche bewegen werden, wogegen die schweren und selbst nur schwereren Stoffe vermöge der großen Wassergeschwindigkeit im Kanal bis zum unteren Ende mitgeführt werden.

Man hört die Anlage von Regenüberfällen zuweilen als einen unerträglichen Uebelstand der Schwemmkanalisation bezeichnen. Es ist hierzu auf dasjenige, was bereits S. 155 mitgeteilt worden, zu verweisen, und nur noch zur bloßen Vermeidung von Mißverständnissen hinzuzufügen, daß Regenüberfälle vom Standpunkte der öffentlichen Gesundheitspflege kaum je etwas Erwünschtes, sondern gewöhnlich nur ein notwendiges Uebel sein werden und in der Regel das kleinere unter zweien, von denen man einem nicht auszuweichen vermag.

- 1) *Die Regenmengen in ihrem Verhältnis zu den städtischen Abflussskanälen*, *Wochenbl. f. Archit. u. Ingenieur* (1883).
- 2) *Baumeister, Städtisches Straßensystem und Städtereinigung* (1890).

V. Das Hauptsächlichste über Trennsysteme.

1. Trennsysteme im allgemeinen; prinzipielle Vergleiche.

Trennsysteme gehen darauf hinaus, die drei Arten von flüssigen Abfallstoffen: 1) menschliche Exkremente, 2) Brauchwasser und 3) Regenwasser hinsichtlich ihrer Ableitungsweise zu sondern. Speziell soll das Regenwasser von den Leitungsanlagen für Brauchwasser und Exkremente getrennt werden, während die gesonderte Abführung der Exkremente, wie sie im Liernur'schen System verfolgt wird, jetzt wohl nur noch selten in Frage kommt. Die Schärfe der Grenzlinie, welche früher zwischen Trenn- und Schwemmsystem gezogen ward, ist aber neuerlich etwas verwischt worden, teils äußerlich schon dadurch, daß in einzelnen Städten beide Systeme neben einander vorkommen, weiter dadurch, daß man in einigen Fällen in die nur für Brauchwasser und Exkremente bestimmten Leitungen auch einiges Regenwasser aufnimmt, endlich noch aus dem Grunde, daß bei dem Schwemmsystem nirgends die gesamte Regenwassermenge in den Kanälen fortgeführt wird, sondern in jedem Falle mehr oder weniger große Mengen, sei es von der Aufnahme überhaupt, sei es von der Führung durch lange Strecken des Kanalnetzes ausgeschlossen werden. Wo beim Schwemmsystem die zur

Aufnahme gelangenden Regenmengen gering sind, findet Annäherung an das Trennsystem, und wo die beim Trennsystem mit aufgenommenen Regenwasser von nur einiger Bedeutung sind, findet Annäherung an das Schwemmsystem statt.

Allgemein pflegt zu Gunsten der Trennsysteme folgendes angeführt zu werden:

1) Es wird nur ein kleiner Teil der flüssigen Abfallstoffe aufgenommen, und dieser ist sowohl nach Menge als Zusammensetzung relativ konstant und bekannt. Man kann daher die Querschnitte sowohl der Leitungen, als die etwa erforderlichen künstlichen Hebe- und Reinigungsanlagen dem Bedarf eng anpassen, sodaß alle Einrichtungen relativ klein und ökonomisch ausfallen. Dasselbe gilt auch für den dauernden Betrieb.

2) Andere erhebliche Ersparnisse werden dadurch erzielt, daß Regenwassereinflüsse, Einsteigeschachte, Sicherungsmittel gegen Kellerüberschwemmungen, durch Rücktritt des Wassers aus den Straßenleitungen in Fortfall kommen.

3) Wird für Regenwasser unterirdische Ableitung eingerichtet so können dazu oft alte bestehende Leitungen benutzt werden.

4) Auch wenn neue Kanäle für Regenwasser gebaut werden müssen, sind die Kosten nicht groß, teils weil diese Leitungen auf den kürzesten Wegen, meist innerhalb der Orte selbst an einen Fluß anschließen dürfen, teils weil sie nur flach eingebettet zu werden brauchen, da die Gefahr des Einfrierens — im Winter — und Beförderung der Fäulnis durch Wärmewirkung — im Sommer — gegenstandslos sind.

5) Die Häuser sind von der Gefahr des Eindringens von Kanalgasen befreit, weil bei der Enge der Kanäle und ihrer großen Reinheit Gasbildung in den Kanälen, wenn überhaupt, doch nur in sehr geringem Maße stattfindet, die Kanäle keine Verbindung mit der freien Atmosphäre haben und von den Häusern durch Wasserschlüsse gesondert werden.

Der vermeintliche gesundheitliche Vorzug, den man den Trennsystemen endlich darin beilegt, daß Regenüberfälle unnötig sind, hat bereits oben seine Beleuchtung erfahren.

Was die Ermäßigung der Baukosten bei den Kanälen infolge Querschnittsverminderung betrifft, so wird dieselbe meist zu stark betont, da bei den Kanälen der Prozentsatz, den das Einbetten in die Tiefe (das Verlegen) erfordert, ein hoher und dabei wenig von der Weite der Rohre abhängiger ist. Freilich wird zuweilen geltend gemacht, daß die Rohre der getrennten Kanalisation nicht so tief im Boden zu liegen brauchen als die der Schwemmkanalisation; doch ist dies offene Frage. Wenn dieselbe aber auch im bejahenden Sinne entschieden werden sollte, wird auch der Vorteil preisgegeben, den die tiefere Lage hinsichtlich der Senkung des Grundwasserspiegels mit sich bringt (vergl. unter VI). Die Grenzen, in denen sich die Rohrweiten bei Trennsystemen bewegen, sind etwa 10 und 40 cm. Hausanschlüsse sollen nur 10 cm, die Straßenrohre im oberen Teil nur 15 cm Weite erhalten. Bei allen Rohren bis 25 cm Weite belaufen sich aber die Kosten des Verlegens bis 50 Proz. der Gesamtkosten und selbst darüber. Die Ersparung an Profilgröße kann daher kaum je für sich allein eine hohe Bedeutung erlangen; doch tritt derselben bei weniger tiefer Einbettung der Rohre in den Erdboden eine Ersparnis hinzu.

Wenn es notwendig ist, für Regenwasser besondere Kanäle anzulegen, so werden zwar die Kosten der zweifachen Anlage über die der Anlage nur eines Kanals beim Schwemmsystem hinausgehen. Dieser kommt aber nur abgeschwächt zur Geltung, wenn man die beiden Kanäle in denselben Mauerkörper anordnen kann. Figur 3 giebt eine bezügliche Konstruktion, in welcher der oben liegende Kanal für das Regenwasser bestimmt ist.

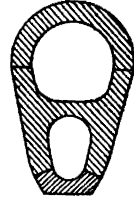


Fig. 3. Doppelrohr.

Ob es in der That möglich ist, bei Trennsystemen ohne Revisionseinrichtungen auszukommen, ist sehr zweifelhaft. Bei Ausführungen nach dem System Waring hat es sich als notwendig herausgestellt, Revisionseinrichtungen nachträglich anzubringen. Wo dieselben fehlen, werden die bei Verstopfung oder Rohrschäden notwendigen Aufgrabungen leicht sehr hohe Kosten verursachen können, weil es umständlich ist, den Sitz des Schadens aufzufinden. — Der Fortfall der Straßeneinlässe kann finanziell allerdings Bedeutung besitzen, sowohl was die erste Anlage als den Betrieb betrifft. Derselbe ist auch in gesundheitlicher Hinsicht nicht unwichtig, insofern als die Straßeneinlässe Sammelstellen von faulenden Stoffen sind. Je besser aber die Straßenreinigung (welche die Reinigung von Einlässen mit umfaßt) durchgeführt wird, um so geringer ist diese besondere Bedeutung der Straßeneinlässe.

Hinsichtlich der Kosten der Reinhaltung der Leitungen wird ein Unterschied zwischen Trennsystem und Schwemmsystem zu Ungunsten des letzteren wohl nicht bestehen, weil bei ersterem dauernde Spüleinrichtungen und Betrieb derselben erforderlich sind. Beim Schwemmsystem dürfen erstere zuweilen da fehlen, wo ausreichende gelegentliche Spülungen durch das Regenwasser bewirkt werden. Zu Zeiten längerer Regenlosigkeit muß allerdings künstlich gespült werden; es ist aber nicht immer nötig, für diesen Zweck dauernde Einrichtungen zu schaffen.

Innerhalb gewisser Grenzen läßt sich der mit Spülungen erstrebte Zweck der Reinhaltung der Kanäle der Trennsysteme auch dadurch erreichen, daß man dieselben mit Gefällen herstellt, bei welchen Ablagerungen vermieden werden (vgl. unter VIII). Da aber dies Gefälle stärker ist als das beim Schwemmsystem ausreichende, bedürfen bei einer derartigen Ausführung die Kanäle größere Tiefenlagen, was eine entsprechende Kostenerhöhung mit sich bringt. Es kann danach angenommen werden, daß diejenigen Kosten, welche beim Trennsystem für Reinhaltung der Kanäle, sei es auf Spülung, sei es auf Gefällevermehrung zu verwenden sind, sich nur dann geringer erwiesen, wenn der (event. erforderliche) Regenwasserkanal mit dem Brauchwasserkanal so weit unmittelbar verbunden ist, daß der Inhalt des ersteren zum selbständigen (oder auch besonders geregelten) Uebertritt in den Brauchwasserkanal benutzbar ist.

Uebrigens hat es keine Schwierigkeiten beim Schwemmsystem, den von Brauchwasser erfüllten Teil des Querschnitts fast ebenso zweckmäßig zu gestalten wie den geschlossenen Querschnitt des Trennsystems. Und wenn das geschieht, besitzt das Trennsystem, was die Reinhaltung der Kanäle betrifft, keinen Vorzug vor dem Schwemmsystem.

Was die Desinfektion (Reinigung) der Abwasser betrifft, so sind

dieselben sowohl bei den Neuanlagen als beim Betriebe des Trennsystems die geringeren.

Ob der Fortfall von Wasserschlüssen in den Anschlüssen der Grundstücke an die Straßenleitungen einen wirklichen Vorzug des Trennsystems bildet, ob beim Fehlen derselben das Hausinnere gegen den gelegentlichen Eintritt von Kanalgasen genügend geschützt sei, ist zweifelhaft. Der Frage der Kanalgase wohnt aber zur Zeit nicht mehr diejenige Bedeutung bei, welche derselben nach der englischen „sewer gases theory“ früher vielfach beigelegt worden ist. Nachdem durch Beobachtungen ermittelt ist, daß in gut gelüfteten Kanälen die Luftbeschaffenheit viel weniger unrein ist, als früher oft geglaubt ward, daß auch das Mikrobenleben in den Kanälen nicht denjenigen Umfang besitzt, den man früher angenommen hat (s. S. 152 ff.), daß gewisse Faktoren, wie z. B. die Verdunstung des Wassers, bei der Verbreitung von Mikroben ganz ausschneiden, daß dem mikroskopischen Leben allgemein nicht diejenige Schädlichkeit zukommt, die man ihm früher wohl beigelegt hat, erscheint das Ansehen, dessen sich die sewer gases theory früher erfreute, stark herabgemindert. Wenn aber auch Kanalgase eine besondere Schädlichkeit besitzen sollten, so müßte, um hieraus einen Vorzug für das Trennsystem ableiten zu können, doch erst durch Beobachtungen erwiesen werden, daß die Gase aus Kanälen des Trennsystems harmloser als diejenigen aus Kanälen des Schwemmsystems sind; solche Versuche fehlen bisher. Beachtet sein will hierzu aber, daß in den Kanälen des Schwemmsystems nicht nur dauernd Luftwechsel, sondern bei jedem größeren Regenfall auch eine energische Spülung der Kanalwände, verbunden mit einer besonders kräftigen Lüftung, stattfindet. Dazu kommt, daß es weder durch strenge Polizeiverbote, noch durch konstruktive Anordnungen ganz vermeidbar ist, daß zu Zeiten ungehörige Dinge, und auch solche sehr bedenklicher Art, ihren Weg in die unterirdischen Leitungen nehmen. Solche Gegenstände werden aus den an zahlreichen Stellen zugänglichen weiten Leitungen des Schwemmsystems immer leicht entfernt werden können, viel schwieriger jedoch aus den verschlossenen und engen Leitungen des Trennsystems. Andererseits kann es als ein Vorzug des Schwemmsystems betrachtet werden, daß durch dasselbe ermöglicht ist, lästiger oder schädlicher Stoffe auf leichteste Weise sich zu entledigen, ohne daß dieselben Unrechtwege einzuschlagen brauchen.

Einen höchst wertvollen Vorzug besitzt das Schwemmsystem endlich in seiner Einfachheit und Einheitlichkeit. Weil demselben jeder maschinelle Apparat fehlt und sein Wirken einzig auf die Schwemmkraft des Wassers basiert ist, wird auch sein Betrieb ungleich leichter und sicherer sein als derjenige eines Trennsystems, der gewöhnlich künstlicher Einrichtungen bedarf, die der Beschädigung und dem Versagen unterworfen sind.

Aus den vorstehenden Vergleichen ist ersichtlich, daß in gesundheitlicher Hinsicht zwischen Trenn- und Schwemmsystem, wenn nur dem Prinzip nach unterschieden wird, wesentliche Ungleichheiten nicht bestehen, daß vielmehr beide den betr. Anforderungen genügen können, wenngleich nach Maßgabe der Ausgestaltung im Einzelnen in wechselnder Weise. Die Entscheidung wird daher beim Kostenpunkt liegen, und dieser wiederum wird beherrscht durch die Beantwortung der Frage: ob nach der Beschaffenheit des Orts das Regenwasser oberirdisch abfließen kann oder ob für dasselbe unterirdische Leitungen not-

wendig sind. Trifft letzteres zu, so wird das Trennsystem in der Regel unkonkurrenzfähig sein, es müßten denn die Regenwasserableitungen infolge großer Nähe offener Gewässer außerordentlich kurz ausfallen.

Bei dem hier gezogenen Vergleich ist stillschweigend vorausgesetzt, daß das Entwässerungsgebiet von einigermaßen normaler Beschaffenheit, bezw. die Lösung der Entwässerungsfrage noch ganz offen sei.

Man denke sich einen von vielen Wasserläufen durchzogenen Ort mit geringem Straßenverkehr — wie es z. B. bei mehreren holländischen Städten zutrifft — so liegen hier im allgemeinen günstige Bedingungen für die Wahl eines Trennsystems vor, weil die Ableitung des Regenwassers mit den allereinfachsten Mitteln geschehen kann und ohne daß vom Standpunkt der Reinhaltung der Gewässer Bedenken zu erheben sind.

Noch mehr indiziert kann in einem solchen Falle die Wahl eines Trennsystems dann sein, wenn durch Ungunst der Terraingestaltung und der Bodenbeschaffenheit, z. B. weite Ausdehnung des Orts ohne ausgesprochenes Oberflächengefälle, und hohe Lage des Grundwassers für den Bau tief liegender und großer Kanäle besondere Schwierigkeiten bestehen, wo es vielleicht geradezu unmöglich ist, so große Kanäle, wie sie für die Ableitung der Regenwasser erfordert würden, mit erschwingbaren Mitteln zu bauen.

Auch wo aus älterer Zeit etwa Kanäle vorhanden sind, die für Ableitung von Regenwasser benutzungsfähig, dagegen zur Ableitung von Brauchwasser unbrauchbar sind, kann ein Trennsystem sowohl wirtschaftlich als vom Standpunkt der Gesundheitspflege berechtigt sein. Dies gilt um so mehr, wenn kein zweites Netz von Kanälen hinzugefügt zu werden braucht, vielmehr durch entsprechende Einbauten die vorhandenen Kanäle für getrennte Abführung der Brauch- und der Regenwasserring errichtet werden können. Derartige Anlagen kommen neuerdings mehrfach in Italien zur Ausführung.

Die vorstehend angeführten Gründe gelten nicht nur für ganze Orte, sondern auch für Teile solcher. Beispielsweise kann für Orte in schmalen Thälern für die Thalsohle Trennsystem, für die Hänge Schwemmsystem zweckmäßig sein, und ebenso kann unter ähnlichen Umständen für das obere Thalende sich ein Trennsystem, für das untere das Schwemmsystem als das geeignetere erweisen. Solche Anlagen bestehen z. B. in Karlsbad, wo die Thalsohle, in Elberfeld, wo das obere Thalende Trennsystem besitzen. Der längs des Rheins sich erstreckende Teil von Köln wird nach Trennsystem kanalisiert, während im übrigen Teile Schwemmkanalisation eingerichtet wird. Potsdam ist in einem Teil nach Trennsystem kanalisiert, Göttingen desgl., jedoch unter Aufnahme des aus den Höfen und von den Dächern in die Kanäle abfließenden Regenwassers.

Auch noch anderweite Rücksichten, wie z. B. felsige Beschaffenheit des Bodens, Steilheit der Hänge, selbstthätiger Zufluß von Spülwasser, ungleiche Dichte der Bebauung, Beschaffenheit und Verkehrsgröße der Straßen u. s. w. können Teilung des Wassers als zweckmäßig erscheinen lassen. In dem Falle aber, wo für Regenwasser brauchbare Kanäle aus älterer Zeit vorhanden sind, kommt noch sehr deren Lage in Betracht. Ist dieselbe etwa so beschaffen, daß zu beiden Seiten Rohre des Trennsystems gelegt werden müssen, so wird

das Trennsystem wohl aus dem Wettbewerb ausscheiden müssen, namentlich dann, wenn im Straßengrunde Leitungen für andere Zwecke (Gas, Wasser, Elektrizität, Druckluft) gelegt sind.

Ein Moment von einiger, aber nicht großer Bedeutung, welches bei der Frage mitspricht, besteht darin, daß beim Vorhandensein von zwei Leitungen, die ähnlichen Zwecken dienen, keine vollkommene Sicherheit dafür gegeben ist, daß Anschlüsse immer an diejenige der beiden Leitungen geschehen, welche die richtige ist.

Nach allem zu der Frage, ob Trenn-, ob Schwemmsystem, hier Mitgeteilten besteht, wie besonders hervorgehoben werden mag, keine Veranlassung, dieselbe mit der Ausschließlichkeit des Standpunktes zu behandeln, mit der sie bisher vielfach behandelt worden ist, um so weniger, als zwischen beiden die strenge Grenze oft fehlt. Es ist daher auch nur zu wünschen, daß beide in Zukunft nebeneinander hergehen und für jeden Einzelfall die Wahl zwischen ihnen mit Sorgfalt nach Maßgabe der Besonderheiten desselben getroffen werden möge.

2. Die einzelnen Trennsysteme.

a) Trennsystem Liernur.

Dies ist das erste bekannt gewordene Trennsystem, welches auch wohl Differenziersystem genannt wird. In seiner frühesten, in den letzten der 60er Jahre bekannt gewordenen Form führte es jedoch die Bezeichnung Trennsystem mit Unrecht, insofern als es darauf beschränkt war, die Exkrementé fortzuschaffen, und danach nur als eigenartig durchgebildetes Abfuhrsystem sich darstellte. Die Exkremeute werden mit Hilfe von Luftverdünnung in unterirdischen Behältern gesammelt und von da, sei es in Röhren, ebenfalls unter Benutzung von Luftverdünnung, zu einer Centralstation geschafft oder dahin in verschlossenen Gefäßen transportiert, um sie zu Poudrette zu verarbeiten. Als Hauptmotiv wird für das Liernur-System immer das angegeben, daß durch den luftdichten Abschluß der Gefäße und Leitungen bezw. die in den Gefäßen und Leitungen herrschende Luftverdünnung der Uebertritt von Mikroben und Miasmen in die Atmosphäre gänzlich verhindert sei. Ueber die — beschränkte — Bedeutung dieses Motivs ist bereits an mehreren Stellen gesprochen worden.

Die Grundstücke einer Stadt werden zu kleineren Bezirken zusammengefaßt, deren jeder einen (eisernen) Sammelbehälter bekommt, von dem aus enge, eiserne Zubringerrohre in die verschiedenen Straßen des Bezirks führen, die sich in die einzelnen Häuser zu den Klosetts verästeln. Für gewöhnlich ist die Verbindung der Zubringer mit den Behältern abgesperrt; sie wird nur in — 24-stündigen — Zwischenräumen geöffnet, während welcher Zeit die Exkremeute in den Klosetttrichtern verbleiben, die durch Form und Tiefe sich von anderen Klosetts unterscheiden.

Gewiß ist, daß durch den Ausschluß der Brauchwasser in den Häusern zuweilen Notstände geschaffen und trotz strengen Verbots mitunter Brauchwasser ihren Weg durch die Klosetttrichter nehmen werden. Bei der Unmöglichkeit, dies zu verhindern, hat der Erfinder nachträglich gewisse geringe Wassermengen (bis 6 l pro Tag und Kopf) zugelassen.

Dieser ersten Zweckerweiterung sind später noch andere hinzugekommen, durch die erst das ursprüngliche Abfuhrsystem zu einem Trennsystem geworden ist. Städte, die einer unterirdischen Regenwasserableitung nicht bedürfen, sollen ein enges Rohrnetz für Exkremente und Brauchwasser erhalten.

In Orten, die eine unterirdische Regenwasserableitung haben müssen, soll dem Netz für Brauchwasser und Exkremente ein zweites, besonderes Kanalnetz für Regenwasser hinzugefügt werden.

Außer in ein paar holländischen Orten (Amsterdam, Doordrecht, Leyden und mehreren kleineren Ausführungen in Kasernen etc.) hat, soviel bekannt, das Liernur-System sich keine Anwendung zu verschaffen gewußt. Der Hauptgrund dafür ist neben der Kostspieligkeit und Kompliziertheit des mechanischen Teils, sowie dem längeren Belassen der Exkremente in den Klosetts wohl die Erfahrung, welche man über die geringe Verwertungsfähigkeit des Düngers gemacht hat.

Daß das System den Anforderungen der Hygiene genügen kann, leidet nach einer von der wissenschaftlichen Deputation für das Medizinalwesen in Preußen abgegebenen speziellen Beurteilung (dem später noch andere günstig lautende Voten derselben Instanz gefolgt sind, z. B. in Bezug auf die Entwässerung von Minden am 1. Nov. 1882) keinen Zweifel. Bezeichnend für die in dieser Hinsicht bestehenden Zweifel ist es jedoch, daß das Votum mit dem Urteile schließt:

„daß die Anwendung des Systems nur so lange gestattet werden könne, als die von dem Erfinder in Aussicht gestellten Ergebnisse bei dem Betriebe auch wirklich erreicht würden.“

Die bei dem besonderen Verfahren der Düngerbereitung nach Liernur sich ergebenden großen Mengen stark verunreinigter Abwasser führen auch vielleicht Schwierigkeiten in der Ableitung mit sich.

b) Berlier's pneumatisches System.

Das System hat mit dem (ursprünglichen) Liernur'schen das gemeinsame, daß ebenfalls nur die Exkremente aufgenommen werden und zur Fortschaffung derselben in Röhren gleichfalls Luftverdünnung dient. Wenn die Rücksicht auf ausreichende Verwertung der Exkremente es hinderte, würde jedoch der Mitaufnahme des Brauchwassers nichts im Wege stehen.

Durch gewöhnliche Abortstrichter gelangen die Exkremente nacheinander in 2 Gefäße, in deren erstem Papierfetzen und ähnliche Reste abgesondert werden. Die durch Schleuderwirkung breiartig gewordene Masse entleert sich, nachdem ein gewisser Füllungszustand des zweiten Gefäßes erreicht ist, also nicht immerwährend, sondern absatzweise, in eine Rohrleitung, in welcher Luftverdünnung hergestellt wird.

Das System, welches ebenfalls nur ein besonderes ausgebildetes Abfuhrsystem ist, eignet sich für Ausführung im Großen wohl nicht und ist, soviel bekannt, bei seiner Kompliziertheit im mechanischen Sinne auch nur bei einigen besonderen Gebäuden einer Pariser Kaserne etc. zur Ausführung gelangt.

c) Trennsystem Shone.

J. Shone hat bei einem wirklichen Trennsystem, welches, soviel bekannt, zuerst in Wrexham (England) zur Ausführung gelangte, doch auch eine Anzahl weiterer Anwendungen gefunden hat, einen Sammelbehälter, der mit einem mechanischen Apparat, Ejektor genannt, ausgestattet ist, angewendet. Nur nach diesem neuen Bestandteil haben die betr. Kanalisationsanlagen den Namen Shone-System erhalten.

Um für die — dickflüssigen — Brauchwasser in den engen Röhren ausreichende Vorflut zu schaffen, wird das Entwässerungsgebiet in eine Anzahl Bezirke zerlegt und in jedem derselben ein Ejektor in so tiefer Lage angeordnet, daß die an denselben herangeführten Zuleitungsröhren aus den Straßen und Häusern ein reichliches Gefälle erhalten. Die Verbindung zwischen den Ausgußstellen bzw. Klosetts in den Häusern

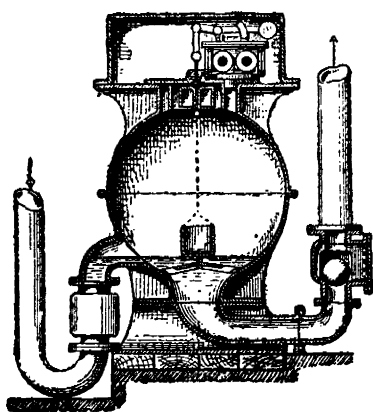


Fig. 4. Ejektor nach Shone.

und Sammelbehältern ist, abgesehen von ganz kurzen, nur nach Minuten zählenden Unterbrechungen, immerwährend offen. Der Zweck des Ejektors besteht nicht nur in der vorläufigen Ansammlung einer gewissen Menge von Schmutzwasser, sondern auch darin, diese Mengen zeitweilig und dabei selbstthätig in die Abfuhrleitung zu entleeren. Eine schematisch gegebene Abbildung desselben zeigt Fig. 4. Zufluß und Abfluß geschehen durch Vermittelung von Ventilen in den in der Figur durch Pfeile angedeuteten Richtungen. Wenn die Wassermenge im Gefäß

einen gewissen Spiegelstand erreicht hat, wird durch Wirkung eines aufgehängten, der Bewegung des Wasserspiegels folgenden Schwimmers ein Hebel in Bewegung gesetzt, der seinerseits einen Schieber öffnet, wonach in den Sammelbehälter Preßluft, die von einer Maschinenstation aus zuzuführen ist, eintritt, welche den Wasservorrat aus dem Behälter hinausdrückt. Nach stattgefundener Entleerung — die an keine bestimmten Zeitabschnitte gebunden ist, sondern sich durchaus nach dem Bedürfnis vollzieht — findet infolge Sinken des Schwimmers selbstthätiger Schluß der Preßluftzuleitung statt, wonach die im Sammelbehälter vorhandene Preßluftmenge auf angewiesenem besonderen Wege entweicht, und nun der während der Entleerung unterbrochen gewesene Zufluß aus den Straßenröhren von neuem beginnt.

Kann der Ejektorbetrieb vor öfteren Störungen bewahrt werden, so ist das Shone-System, abgesehen von dem Kostenpunkt, wohl einwurfsfrei. Vertreter desselben verweisen auf Erfahrungen in mehreren englischen Städten (Eastbourne, Latchford, Southampton u. s. w.), ohne aber daß es ihnen in Deutschland bisher gelungen wäre, irgend eine Stadt zur Annahme des Systems zu bestimmen. Es sind nur Projekte nach Shone'schem System gewesen, mit denen einige Gemeindebehörden in Deutschland sich bisher beschäftigt haben.

d) Trennsystem Waring.

Mit Bezug auf Einfachheit steht dies System den übrigen voran; es scheint, daß dasselbe bereits anderweitig, vielleicht weniger vollkommen, zur Ausführung gebracht war, bevor Waring in der amerikanischen Stadt Memphis dasselbe anwendete.

Waring benutzt keinerlei mechanische Einrichtungen, sondern erzielt für den — dickflüssigen — Inhalt der Kanäle ausreichende Vorflut durch Verlegung derselben mit gewöhnlichen Gefällen, aber Hinzufügung sehr wirksamer Spüleinrichtungen.

Es wird am oberen Ende jedes Rohrstranges ein Spülbassin angebracht, dessen Mindestgröße etwa 1 cbm ist; auf je 260 Einwohner, die ihre Brauchwasser in die Kanäle schicken, werden mindestens 0,5 cbm Spülbassingröße gerechnet.

Die Spülung soll 1—2mal pro Tag stattfinden. Dies würde einen mittleren Spülwasserverbrauch von nur 1 cbm pro Kopf und Jahr bedingen, der sehr gering erscheint. Die Hausanschlüsse werden ohne Einschaltung eines Wasserschlusses in das Straßenrohr eingeführt, letztere werden durch Anschlüsse an Schornsteine und über Dach geführte besondere Röhren gelüftet. Andere Verbindungen mit der freien Atmosphäre, wie z. B. durch Einsteigeschächte, sollen grundsätzlich nicht stattfinden; es verlaute jedoch, daß solche Verbindungen für den Zweck der Behebung von gelegentlichen Verstopfungen an einzelnen Stellen nachträglich hinzugefügt worden sind.

Seiner Brauchbarkeit nach dürfte das System Waring, welches in Oxford seit 1876 angewendet wird, auch in Paris einige Anwendung gefunden und sich bewährt hat, unter den bisher bekannten Trennsystemen den ersten Rang einnehmen.

Die Aufnahme von Regenwassern in die Kanäle ist weder vom Erfinder grundsätzlich ausgeschlossen, noch bei den Ausführungen unterblieben; doch sind die zugelassenen Mengen derselben in jedem Falle gering.

Eine Ausführung, bei der ebenfalls eine gewisse Menge von Regenwassern aufgenommen wird, liegt in Göttingen vor; dort werden speziell die in den Höfen an den Rückseiten der Häuser gesammelten Regenwasser in die Leitungen eingeführt. Zu Gunsten dieses Verfahrens lassen sich mehrere Gründe geltend machen. Wenn die Höfe tiefer liegen als die Straßen, ist damit eine Schwierigkeit, welche für die Trockenlegung der Grundstücke besteht, beseitigt. Jedenfalls wird auch die Gefahr, daß die Straßenwasser unbefugter Weise verunreinigt werden, stark vermindert, die Unbedenklichkeit dieser Wasser mit Bezug auf ihre Ableitung in offene Gewässer also vermehrt.

Anhang

betr. die Trennsysteme Liernur und Berlier.

Die Einrichtungen zur Abführung der Fäkalien mittelst Röhren, welche im Straßengrunde dauernd verlegt werden, lassen sich ebensowohl den „Abfuhrsystemen“ als den „Kanalisationssystemen“ zurechnen. Dieselben durften daher in dem Abschnitte über Kanalisation nicht übergangen werden; doch hat es nicht im Plane dieses

Abschnittes gelegen, auf jene Einrichtungen weiter einzugehen, als es zur Gewinnung einiger allgemeiner Vergleiche notwendig war. Daher sind die den Systemen Liernur und Berlier — in welchen sogen. Fäkalrohre benutzt werden — gewidmeten Besprechungen auf den knappsten Umfang eingeschränkt worden. Um aber auch etwaigen, auf Eingehen in die Details der beiden genannten Systeme gerichteten Ansprüchen zu genügen, sind aus dem

von Professor Blasius - Braunschweig

bearbeiteten Abschnitt über „Abfuhr“ die ausführlichen Beschreibungen jener Systeme nach hier übertragen und in einem besonderen „Anhang“ aufgenommen worden.

Die Benutzung von Pneumatik ist schon im Jahre 1862 vom Ingenieur Aristide Dumont*) vorgeschlagen worden. Derselbe wollte ein metallenes Kanalnetz von einer Pumpstation in Clichy aus durch die größeren und kleineren Kanäle bis in die einzelnen Wohnhäuser zu den Klosetten hin legen. Diese sollten an der Basis des Abfallrohres durch ein Klappenventil, das sich durch sein eigenes Gewicht schließt, sobald das Rohr entleert wird, gegen den Kanal abgeschlossen werden. Die Senkgruben würden fortfallen und die Exkremeute durch Absaugepumpen direkt von Clichy aus abgesaugt werden. Andere Pumpen sollten dann in Clichy die Exkremeute, mit Abwassern gemischt, abwärts von Paris in verschiedenen Richtungen zur Berieselung aufs Land befördern.

Nach Wazon**) ist das System bis 1884 in Paris und, soweit bekannt geworden, auch später nirgends ausgeführt worden.

1. Das pneumatische Differenziersystem von Liernur.

Das von Charles T. Liernur erfundene pneumatische Differenziersystem beruht auf dem Vorschlage Aristide Dumont's.

Die erste Veranlassung zu der Ausbildung dieses Systemes gab ein Auftrag des verstorbenen Prinzen Heinrich der Niederlande zur Ausarbeitung eines Kanalisationsprojektes für die Stadt Luxemburg¹. Dabei waren zur Bedingung gemacht: 1) das in den Fluß abgeleitete Wasser sollte ebenso rein sein wie das Flußwasser oberhalb der Stadt sein; 2) die Dungstoffe sollten in eine lager- und transportfähige, für den Ackerbau verwendbare Form gebracht werden; 3) oberirdische Transportmittel, wie Tonnen, Abfuhrwagen u. s. w. sollten ausgeschlossen sein.

Infolge dieses Auftrages bereiste Liernur zunächst im Jahre 1865 England, glaubte hier verschiedene Nachteile des englischen Schwemmsystems entdeckt zu haben und schlug das nach ihm benannte pneumatische Differenziersystem vor.

Liernur's System beruht darauf, daß die städtischen Abfallstoffe in zwei Röhrennetzen abgeleitet werden, einem für die dunghaltigen festen Stoffe und Flüssigkeiten und einem anderen für die entschlammten Abwasser. So viel bekannt, ist aber bisher immer nur das eine, für die dunghaltigen festen Stoffe bestimmte Rohrnetz (das Fäkalrohrnetz) ausgeführt, die Legung eines besonderen Rohrnetzes für die Abwasser jedoch unterlassen werden. Aus diesen Gründen kann auf die Beschrei-

*) *Eaux de Lyon et de Paris* (1862) 304, pl. 21 u. 22.

**) A. Wazon, *Principes techniques d'assainissement des villes et habitations*, Paris 1884, 171.

bung des — nur vorgeschlagenen — zweiten Rohrnetzes hier verzichtet werden.

Für außergewöhnliche Mengen von Meteorwasser, wie es bei starken Wolkenbrüchen einer Stadt zugeführt wird, ist oberflächliche Abführung in den Rinnalen der Straßen nach dem nächsten Wasserlaufe in Aussicht genommen.

Drainierungen zur Trockenlegung des Untergrundes, welches Liernur ebenfalls vorgeschlagen hat, bilden keine Eigentümlichkeiten seines Systems und scheiden daher hier ebenfalls aus.

Das Rohrsystem für die dunghaltigen festen Stoffe und Flüssigkeiten ist aus Eisen möglichst luftdicht konstruiert und beginnt an den in den einzelnen Häusern befindlichen Abortsitzen, Stallgullies u. s. w. und an den öffentlichen Bedürfnisanstalten, führt unterirdisch in ein in der Straße gelegenes Rohr und durch dieses, unter Vermittelung von im Straßengrunde gelegten eisernen Reservoirs, in ein außerhalb der Stadt belegenes Maschinenhaus Fig. 1*. Durch Erzeugung eines Vakuums werden die Fäkalstoffe hierher angesaugt, in Gruben gesammelt und entweder direkt an die Landwirte verkauft oder durch Wasserverdampfung zu Poudrette verarbeitet.

Es kommen danach in Betracht:

- 1) die Abtritte,
- 2) die Ableitungsröhren,
- 3) die Straßenreservoirs,
- 4) die Centralstation mit der Luftpumpe und
- 5) die weitere Verarbeitung und Verwertung der Exkremente.

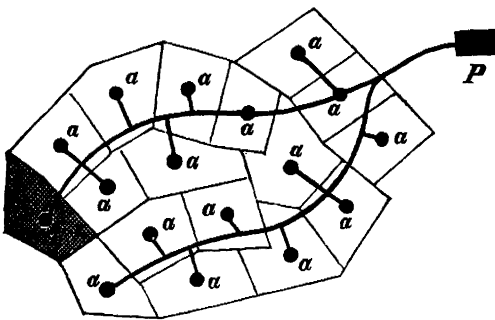


Fig. 1*.
a Straßenreservoirs.
P die Centralstation.

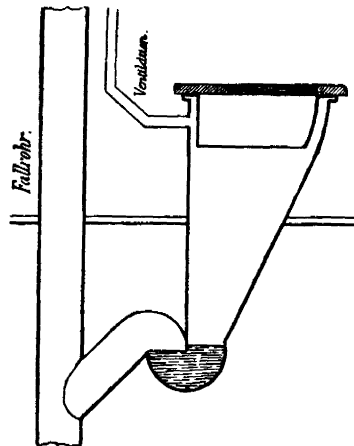


Fig. 2*. Abtritt nach Liernur.

Für die: 1) Abtritte hat Liernur eine bestimmte Form, Fig. 2*, konstruiert. Der Sitztrichter besteht aus gebranntem, glasiertem Thon, ist etwa 70 cm tief, nach unten konisch verengt und geht unmittelbar in einen Syphon über. Die untere Oeffnung des Trichters muß immer enger sein als die enge Stelle der daran sich anschließenden Rohrleitung, damit

alle Gegenstände, die per fas oder nefas in das Klosett durch den Trichter gelangen, schon hier zurückgehalten werden und keine Verstopfung in dem Rohrsystem entstehen kann. In den oberen Teil des Thontrichters ist ein kürzerer zweiter Trichter von emailliertem Gußeisen eingehängt, der den Zweck hat, den Thontrichter vor Verunreinigung zu schützen. Der eiserne Trichter besitzt eine vertikale Hinterwand, eine nach unten rückwärts gezogene Vorderwand und ein nahe dem Sitzbrette abgehendes Ventilationsrohr, das am besten nach einem gut ziehenden Schornsteine führt. Der Fäkalverschluß soll unten im Siphon dadurch bewirkt werden, daß eine zungenartige Verlängerung der hinteren Trichterwand selbst bei geringer Füllung noch einen vollständigen Abschluß bietet.

Als gegen diese Form des Abtrittes, einestheils wegen der Beschmutzung der Wände, anderenteils wegen der Unappetitlichkeit des festen Kotverschlusses Einwände erhoben wurden, konstruierte Liernur auch eigentliche Wasserklosetts, die aber bei jedesmaliger Benutzung nur $1\frac{1}{2}$ l Wasser erforderten. Als nun der Verbrauch des Wassers sich zu sehr steigerte, schaltete der Erfinder zwischen Siphon und Fallrohr ein sogen. Sicherheitsklosett ein, d. h. einen wasserdichten Behälter von der Größe, daß er die Fäkalflüssigkeiten eines Tages bei liberaler Wasserbenutzung aufnehmen kann. Durch eine besondere Vorrichtung wird eine übermäßige Wasservergeudung und dadurch herbeigeführte zu starke Verdünnung der Fäkalien verhindert: Im Trichter ist in passender Höhe eine Ausflußöffnung angebracht, welche bei Ueberfüllung einen Austritt des Klosettinhalt in den Klosetttraum (die Zelle) zur Folge hat. Der Behälter für die Tagesproduktion kommuniziert nämlich mit dem pneumatischen System durch einen Heber, dessen Scheitelpunkt etwas oberhalb der Ausflußöffnung im Abtrittstrichter liegt und der bei der ersten Einwirkung des Vakuums in Thätigkeit tritt, d. h. die Fäkalien absaugt. Bei regelrechter Benutzung des Klosetts wird man den kritischen Behälter gar nicht gewahr, bei Einschütten ungebührlicher Wassermengen steigt aber das Niveau im Abtrittstrichter höher und höher, — ein nicht mißzuverstehendes Warnungssignal. Es bleibt schließlich nur übrig, schleunigst nach der Bedienungsmannschaft zu schicken, welche den Schlüssel zu einem Sicherheitsventil besitzt und gegen entsprechende Bezahlung den ungebührlichen Klosettinhalt mit Umgehung des erwähnten Hebers direkt dem pneumatischen Rohrnetze zuführt.

2) Das Rohrsystem beginnt unterhalb des Klosett-Siphons mit einem Rohr, das etwa in einem Winkel von 45° in das senkrecht abfallende Fallrohr einmündet, Fig. 3*. Am unteren Ende des Fallrohres ist noch ein mehrfacher Siphon angebracht, von dem aus das Hausrohr sich bis zu dem in der Straßenmitte liegenden Hauptrohr fortsetzt, Fig. 4*. Am besten werden überall gußeiserne Rohre mit 127 mm innerem Durchmesser genommen. Mehrere solcher Straßenrohre führen in einen unter dem Straßenpflaster angelegten eisernen Behälter, von Liernur⁶:

3) Straßenreservoir genannt. Durch Hähne können diese Reservoirs einerseits mit dem zu den Häusern, andererseits mit dem zur Centralstation führenden, sogenannten Magistralrohr in Verbindung gebracht oder abgesperrt werden. Doch ist jedes Hausanschlußrohr mit einer Sperrklappe versehen, die unter dem Trottoir liegt und mit der Hand zu- oder aufgestellt werden kann.

Erfahrungsgemäß ist es praktisch, die ganze Stadtfläche in Bezirke von 4—10 ha und mehr einzuteilen, die dann ein Straßenreservoir haben,

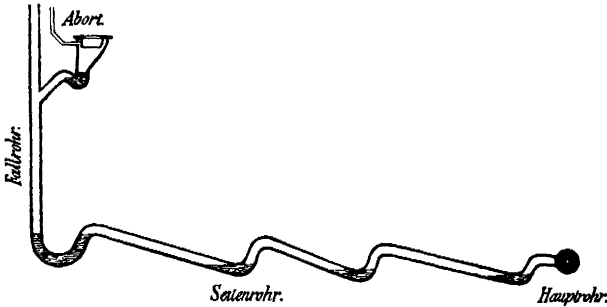


Fig. 3*. Verbindung des Aborts mit dem Hauptrohr, nach Liernur.

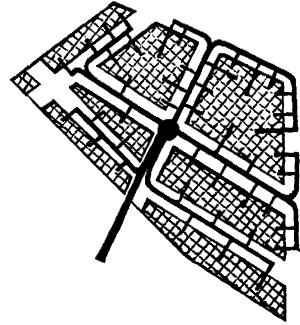


Fig. 4*. Verästelung des Fäkalrohrs in den Häusern und Straßen. Verbindung desselben mit dem Straßenreservoir und des letzteren mit der Magistralleitung, nach Liernur.

das am besten an einem Kreuzungspunkte von 2 Hauptstraßen angelegt wird.

4) Die Centralstation nimmt die sämtlichen Magistralleitungen auf. In derselben sind Luftpumpmaschinen aufgestellt. Man rechnet ungefähr $\frac{3}{4}$ Pferdekraft auf 1 ha Stadtgebiet. Für eine Stadt von 200 ha Oberfläche würden daher z. B. 150 Pferdekraft zu rechnen sein. Es ist erforderlich, um keine Betriebsstörungen zu haben, mehrere Luftpumpen aufzustellen, im gegebenen Falle also z. B. 3 von je 50 Pferdekraft, und zur Sicherheit noch eine Reservemaschine. Die Heizkessel sind so einzurichten, daß die von den Luftpumpen kommende Luft und die von den übrigen Apparaten eventuell entweichenden übelriechenden Gase mit verbrannt werden. In der Centralstation sind Reservoirs zur Aufnahme der Fäkalien aus den Magistralleitungen anzulegen, mindestens 2 für Wechselbetrieb.

Das ganze Fäkalrohrsystem arbeitet in folgender Weise: Durch die Luftpumpen wird die Luft aus dem Rohrsystem und den Straßenreservoirs ausgepumpt und alsdann, bei Offenstehen der betr. Ventile bis zu den Hausklosetten hin ein Ansaugen der Fäkalmassen zunächst in die Straßenreservoirs und von da aus zum Hauptreservoirs hin erfolgen.

Vielleicht ist die folgende Schilderung einiger Einzelheiten des Systems von Liernur manchem erwünscht. Sie beruht auf Beobachtungen, welche ich selbst 1885 bei Gelegenheit des V. internationalen Kongresses für Gesundheitspflege im Haag gelegentlich einer Exkursion nach Amsterdam (wo damals 3100 Häuser mit 50 000 Einwohnern an das Liernur-System angeschlossen waren) gemacht⁸ habe:

„... Nun besuchten wir die in der Nähe vor der Stadt liegende Centralstation. In einem großen, hallenartigen Gebäude befinden sich mehrere Dampfkessel und zwei Luftpumpen, die im Dienste abwechseln. Desgleichen zwei Reservoirs, wovon das eine funktioniert, sobald das andere gefüllt ist. Ueber diesen Reservoirs liegen, eine Etage höher, zwei andere Reservoirs, in die die Fäkalmassen durch Luftdruck hinaufbefördert werden. In denselben werden die Massen durch rotierende Apparate durcheinander gemengt und dann in zwei breitere, große Reser-

voire gebracht, in denen sie mit 1 bis $1\frac{1}{4}$ -proz. Schwefelsäure vermischt werden. Von hier aus gelangen die Stoffe in Dampfapparate, in denen sie auf ca. 100 Grade erhitzt und zur Syrup-Konsistenz gebracht werden. Ursprünglich sollten sie dann noch auf durch Wasserdämpfe erhitzten Kupfercylindern ausgebreitet und zu einem trockenen Pulver abgedampft werden; doch wurde dies durch einen Gemeinderatsbeschluß vom 31. Dezember 1879 verboten*) und möglichst der Verkauf der nur zu Syrup eingedickten Flüssigkeit an die Landleute zu erstreben gesucht.

Unmittelbar an dem Maschinenhause führt ein Kanal vorbei; hier legen die mit einem großen eisernen Bassin gefüllten Kähne an, in die die Fäkalflüssigkeit durch Röhren geleitet wird. Unter meinen Augen wurde dieses ausgeführt; binnen sehr kurzer Zeit läßt sich ein derartiger Kahn füllen und der Inhalt dann als Düngerjauche auf die Felder transportieren. Es wird beabsichtigt, möglichst viel von dieser Jauche an die Landbewohner zu verkaufen, damit man nicht noch die Kosten der Eindickung zu bezahlen hat. Freilich würden die eingedickten, bezw. in trockene Form gebrachten Dünger, weil aufbewahrungs- und auf weite Entfernungen versendungsfähig, ein vergleichsweise sehr viel wertvolleres Erzeugnis sein.

Vom hygienischen Standpunkte aus interessierte mich nun vor allen Dingen das endliche Schicksal der Exkremente, da ja bei weitem nicht alles so im direkten Handverkauf weggeht. Mein Begleiter, Hr. v. Bruyn-Kops, der Geschäfts-Teilhaber von Liernur, führte mich mittelst einer kurzen Kanalfahrt zu einer Sammelstelle für Müll und Exkremente, die ebenfalls westlich vor der Stadt gelegen war. Bei Besichtigung derselben erfuhr ich, daß die Stadt Amsterdam folgende Arten der Entfernung ihrer Abfälle hat: 1) Die festen Hausabfälle (Müll etc.) werden per Pferd oder per Kahn aus den Häusern abgeholt und auf einigen Plätzen in der Umgebung der Stadt abgelagert und von Unternehmern weiter verwertet; 2) die Hauswässer gehen: a) direkt oder b) durch Röhren in das Meer oder in die Kanäle; 3) die menschlichen Exkremente gehen: a) durch Wasserklosetts direkt in die Kanäle oder das Meer, b) werden in Gefäßen in den Häusern aufbewahrt und täglich entweder durch Wagen oder durch Kähne abgeholt und sowohl direkt an Landbewohner verkauft oder in gemauerten Behältern vor der Stadt abgeladen, c) sie werden durch das Liernur'sche System nach der Centralstation befördert.

Bei der zunächst von uns besuchten Sammelstelle befand sich außer dem Müllhaufen auch eine derartige ausgemauerte Grube, in der die Exkremente aufbewahrt und aus der sie an Landbewohner zum Zwecke des Düngens verkauft wurden. Selbstverständlich war der Anblick dieses offenen Reservoirs ein außerordentlich widerlicher und gewiß auch die Verpestung der Luft durch dieselben für die Nachbarschaft eine gesundheitsnachteilige. Am Nachmittage besuchten wir eine andere Ablagerungsstelle im Nordosten der Stadt. Hierher wird per Kahn (es sollen täglich 14 bis 15 gefüllte Kähne sein!) die in der Centralstation Liernur nicht käuflich abgegebene flüssige Exkrementenjauche geführt. Durch eine Dampfmaschine werden die Kähne in einen sehr großen ausgemauerten Behälter entleert und von diesem aus entweder wieder an Ackerbauer im Handverkauf abgegeben oder auf sehr große, wohl 20 bis 25 Schritte im Quadrat und $1\frac{1}{2}$ m hohe Müllhaufen

*) [Wohl wegen des fürchterlichen Geruches, welchen diese Operation verursachte. Red.]

geleitet, um diese in Kompost umzuwandeln. Mehrere Wochen lang wird auf diese Haufen Jauche gepumpt; können sie keine Jauche mehr fassen (ein großer Teil lief unter unseren Augen nutzlos ab!), so werden sie je nach Bedarf an Ackerbauer als Dünger verkauft. Ich brauche wohl nicht besonders zu erwähnen, daß diese ganze Anlage eine im höchsten Grade unsaubere, unappetitliche und widerliche ist, und daß sie jedenfalls für die Anlieger und Anwohner auch sehr gesundheitsgefährlich sein muß, namentlich im Hochsommer wegen den pestilenzialischen Ausdünstungen.

Ueber die Betriebskosten, die das Liernur'sche System erfordern, finden wir genaue Angaben in einem Vortrage, den Hr. Ingenieur v. Bruyn-Kops im Stadthause zu Amsterdam am 28. Februar 1883 einer Kommission des Gemeinderates von Paris gehalten hat. Es heißt darin, daß die städtischen Behörden von Amsterdam konstatiert haben, daß in dem Quartier zwischen Wetering und Utrechtsche Porten die Kosten der Bedienung des Systems, inklusive der Zinsen von der Konstruktionsanlage, pro Person 70 Centimes betragen. Es wohnen dort 500 Menschen auf 1 ha; rechnet man aber über die ganze Stadt verteilt nur 300 Menschen auf 1 ha, so muß man die Kosten im Verhältnis von 3 : 5 höher anschlagen, also 1,17 Frs. annehmen. Hinzukommen noch folgende Kosten, um die Exkremente zu verdampfen, alles pro Kopf und Jahr:

Um 1750 l Wasser zu verdampfen, 110 kg Steinkohlen .	2,20 Frs.
6 $\frac{1}{2}$ kg Schwefelsäure (10 Frs. = 100 kg)	0,65 „
Handarbeit	0,50 „
Zinsen vom Konstruktionskapital der Verdampfungsapparate	0,40 „
Unterhaltung und Erneuerung dieser Apparate	0,80 „
Verschiedenes	0,25 „
Dazu die anfangs erwähnten	1,17 „
<hr/>	
im ganzen	5,97 Frs.
oder abgerundet	6 Frs.“

Nach den Dordrechter Erfahrungen enthält die dort produzierte Poudrette 7 $\frac{1}{2}$ bis 8 Proz. Stickstoff und 2 $\frac{1}{2}$ bis 3 Proz. Phosphorsäure, hat also mindestens einen Wert von 16 Frs. auf 100 kg. Unter der Annahme, daß 1 Person jährlich 50 kg trockene Poudrette ergibt, so würden sich die Einnahmen auf 8, die Ausgaben auf 6, die Reineinnahmen aus der Städtereinigung daher auf 2 Frs. stellen. Zu den hier mitgeteilten Zahlen muß aber bemerkt werden, daß sie unkontrollierbar sind.

Verstopfungen kommen nach v. Bruyn-Kops im Liernur'schen Systeme ebenso vor, wie in allen übrigen Systemen; es kamen dadurch, daß Sachen in die Klosetttrichter hineingeworfen wurden, die nicht hinein gehörten, im Jahre 1882 für eine Bevölkerung von 46 362 Personen vor:

in den Trichtern	325	Verstopfungen.
in den Kanälen	28	„

Die Beseitigung derselben kostete 534 Frs. 29 Cent. Liegen die Verstopfungen in den Trichtern, so ist die Beseitigung leicht; liegen sie in den Kanälen, so muß die Beseitigung sehr unangenehme Störungen für den ganzen Stadtteil im Gefolge haben, namentlich wenn die Reparatur mehrere Tage in Anspruch nimmt. —

Wenn ich mir nach diesen Betrachtungen ein Gesamturteil über das Liernur'sche System erlauben darf, so ist dasselbe, theoretisch ausge-

dacht, in hygienischer Beziehung sehr annehmbar, obgleich: 1) nicht zu verkennen ist, daß ein Klosett mit Kotverschluß immer weniger angenehm ist, als ein solches mit Wasserverschluß, wie beim Schwemmkanalsystem, 2) die Exkremente sich beim Liernur'schen System immer noch länger in der Wohnung aufhalten (täglich nur eine Entleerung der Kanäle!) als beim Schwemmsystem, wo sie sofort nach jeder Defäkation möglichst rasch aus der Wohnung fortgeführt werden, und 3) die nicht in Röhren aufgenommenen häuslichen Brauchwasser viel fäulnisfähige Substanzen mit in die Flüsse hineinbringen.

Was die praktische Durchführung anbetrifft, so erscheint mir diese in Amsterdam, seit die Centralstelle eingerichtet ist, vorzüglich zu sein, bis zu dem Momente der Poudrette-Fabrikation. Diese findet nicht statt, und daher zeigen sich noch jetzt schreiende Uebelstände, wie ich sie oben geschildert habe.

In Amsterdam hat neuerdings L. Ketjen 1 Jahr lang versuchsweise die Fäkalmassen auf schwefelsaures Ammoniak verarbeitet. Dieselben enthielten:

Trockensubstanz	2,018 Proz.
freies Ammoniak	0,193 „
Ammoniak in Salzen . . .	0,078 „
Ammoniak in organ. Form.	0,055 „
Phosphorsäure	0,131 „
Kali	0,069 „

Zur Verarbeitung von 8750 cbm Fäkalmassen waren 123 000 kg ungelöschter Kalk, 153 000 kg Kohlen und 27 000 kg Schwefelsäure erforderlich. Der Arbeitslohn kostete 2498 Fl. Es wurden 72 100 kg schwefelsaures Ammoniak und der kalkhaltige Dünger produziert, sodaß sich für 1 cbm Fäkalmasse 17 Cts. Reingewinn ergab. Am 1. Oktober 1892 hat man mit dem Betriebe eines Etablissements begonnen, das 250 cbm Fäkalien in 24 Stunden bearbeiten kann, und will in Zukunft alle Fäkalmassen derartig verarbeiten.

Nirgends ist das Liernur'sche Differenziersystem bisher in seiner Gesamtheit ausgeführt worden. In Prag, Olmütz und Brünn hat man sich auf die pneumatische Abführung der Fäkalien in den Kasernen beschränkt; in Hanau ist das Krankenhaus mit einer derartigen Anlage versehen. Nur in Holland hat das System einige Verbreitung gefunden, wohl weil man bei der sehr flachen Bodenbeschaffenheit des Landes und dem sehr hohen Grundwasserstande in den meisten Städten das für eine Schwemmkanalisation erforderliche Gefälle nicht finden konnte. In Amsterdam und Leyden begann man damit 1871, in Dordrecht 1875. Ueberall sind nur einzelne Stadtteile damit versehen worden; eine Stadt, die in ihrer Gesamtheit nach Liernur's System rein gehalten würde, existiert bis jetzt nicht.

Die Litteratur über das Liernur'sche System ist eine außerordentlich große, namentlich existieren eine große Menge von Streitschriften pro und contra. Für das Liernur'sche System wurde hauptsächlich in dem Verein gegen die Verunreinigung der Flüsse und den Berichten über dessen Jahresversammlungen, in dem von Liernur herausgegebenen „Archiv für rationelle Städteentwässerung“ und in einzelnen landwirtschaftlichen Blättern gewirkt. Gegen das Liernur-System

kämpfte vor allen Dingen der Deutsche Verein für öffentliche Gesundheitspflege in seinen Versammlungen und in der von ihm herausgegebenen Vierteljahrsschrift. Auf die einzelnen Schriften kann hier nicht näher eingegangen werden; doch sind dieselben S. 177 angegeben.

3. System Berlier.

Berlier, Direktor der Abfuhr- und Düngergesellschaft in Lyon, erfand 1880, als daselbst eine Typhusepidemie dringend zur besseren Reinhaltung der Straßenkanäle aufforderte, ein unterirdisches Röhrensystem, das, ähnlich wie beim Liernur-System durch Ansaugung von einer Centralpumpe aus die Fäkalien direkt aus den Häusern nach der Umgebung der Stadt beförderte. Eine vom Präfekten ernannte Kommission beurteilte das Unternehmen sehr günstig, und dies war Veranlassung, daß Berlier von der städtischen Verwaltung in Paris gestattet wurde, eine längere Strecke von Levallois-Perret mit seinem System zu versehen. In Deutschland wurde das System hauptsächlich bekannt durch einen 1883 erschienenen Artikel von Stübgen¹, dem wir die nachfolgenden Schilderungen entnehmen:

„Berlier läßt die unterirdische Kanalisation der städtischen Straßen für Regen- und Hauswasser bestehen und beschränkt sein System ausschließlich auf die Abtrittsstoffe. Waterclosets sind in unbeschränktem Maße zulässig.

Das Rohrnetz besteht aus Röhren, deren Durchmesser zwischen 10 und 40 cm beträgt und deren Muffen mit Blei verstemmt sind. Wo angänglich, sind diese Röhren im Innern der Straßenkanäle verlegt. An die Straßenröhren schließen sich die Zweigröhren nach den Häusern; jedes endigt im Souterrain des Hauses in einem kleinen Raume, welcher die Stelle der Abtrittsgrube vertritt. Hier stehen 2 gußeiserne Gefäße, wie sie in beifolgenden beiden Figuren abgebildet sind, ein würfelförmiges, Fig. 5*, unter dem Fallrohr der Aborte und ein cylindrisches, Fig. 6*, an dessen

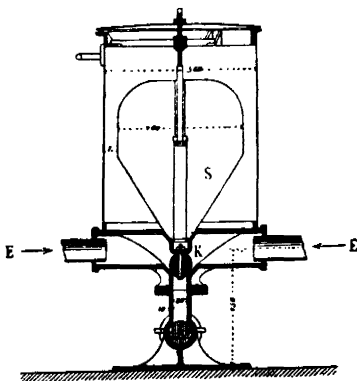


Fig. 5*. Evacuateur von Berlier.

S = Schwimmer.

K = Kautschukugel.

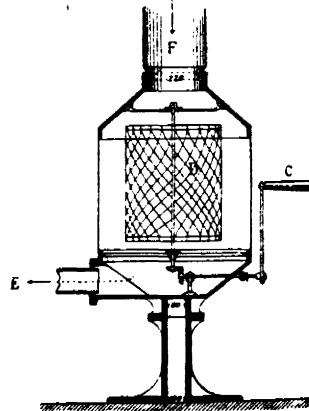


Fig. 6*. Récepteur von Berlier.

D = Drahtkorb.

zugespitztem Boden das Zweigrohr des pneumatischen Netzes befestigt ist. Das Würfelgefäß wird „Aufnehmer“ (Récepteur), das Cylindergefäß „Entleerer“ (Evacuateur) genannt; beide sind am Boden durch ein Gußrohr verbunden. Der Zweck des Aufnehmers besteht nur in dem Zurückhalten fremder Körper, welche zufällig oder absichtlich den Weg in den Aborttrichter genommen haben (Geräte, Scheuerlappen, Besen oder solche Dinge, die dem Auge des Gesetzes entzogen werden sollen). Ein im Aufnehmer stehender Drahtkorb mit geringer Maschenweite, der durch einen Mechanismus in Drehung gesetzt werden kann, empfängt alle herabfallenden Massen, läßt aber nur die Flüssigkeiten und die eigentlichen Auswurfstoffe durch. Diese Massen ergießen oder verteilen sich sofort in den auf gleicher Höhe nebenan stehenden Entleerer, welcher für gewöhnlich in seinem unteren konischen Teile durch eine Kautschukugel gegen das Ableitungsrohr verschlossen ist. Die Kautschukugel ist mit einem Schwimmer verbunden, der nach Erreichung eines gewissen Höhenstandes der Flüssigkeit das Kugelventil hebt, welches alsdann das luftverdünnte Abführungsrohr öffnet. In demselben Augenblick stürzt die Flüssigkeit unter dem Ueberdruck der äußeren Luft in das Rohr; der Schwimmer fällt dann sofort zurück, um die Oeffnung wieder zu verschließen, und die Fäkalmassen bewegen sich in dem pneumatischen Rohrnetze der Pumpstation zu. Diese Entleerung wiederholt sich selbstthätig so oft, als die Abfallstoffe die Schwimmlinie des Apparates erreichen; wenn zahlreiche Anschlüsse bestehen, ist die Expedition in dem Rohrnetze eine beständige. Da der Schwimmballon vor dem gänzlichen Schlusse einige pendelnde Auf- und Abwärtsbewegungen macht, außerdem die auf einem Eisenstifte lose sitzende Kautschukugel drehbar ist, so geschieht auch die Spülung dieses Kugelventils nach den Pariser Erfahrungen selbstthätig, und der Schluß ist unter dem Drucke der Luft ein völlig dichter. Nur der Drahtkorb in dem Aufnehmer muß in längeren Zeitabschnitten revidiert werden, um die fremden Körper, für deren Zurückhaltung er bestimmt ist, zu entfernen; dies geschieht ohne viel Mühe nach vorheriger Oeffnung einer hermetisch verschraubten Thür an dem gußeisernen Würfelgefäß.

Es genügt eine Luftverdünnung von 15 cm Quecksilbersäule, um die Bewegung der Massen in Gang zu halten; indes ist die Luftverdünnung in der Regel größer und die Bewegung eine schnelle.

Zur Vervollständigung der Hauseinrichtung wird ein feines Aspirationsrohr von sehr geringer Weite empfohlen, welches das Innere des Abtrittstrichters mit dem pneumatischen Rohrnetze verbindet; die bei und gleich nach dem Sitzungsgeschäfte sich entwickelnden, zuweilen in den Kleidern mitgeführten Gase sollen hierdurch „sofort abgesaugt werden“.

Nach dem „Berichte der Gesundheits-Kommission der Stadt Utrecht“, übersetzt von Francis Liernur², sind mit dem Berlier-Systeme technisch und hygienisch sehr große Nachteile verbunden: „Der Metalldrahtkorb im Récepteur kann ein Herd für Ansteckung und Gefahr werden. Die flüssigen Fäkalien gehen durch das Drahtgitter hindurch, die gröberen Sachen aber bleiben zurück. Diese sind nun alles andere denn von den anklebenden Fäkalien befreit. Fäulnis und Gärung und ein Aufsteigen der Gase nach den Abtritten sind die Folgen. Endlich muß der Drahtkorb gereinigt werden, da die Reservoirs sonst ihre Aufgabe nicht erfüllen können. Die ekelhafte Vornahme dieser Reinigung geschieht durch Arbeiter, die sich selbst und Andere großen Gefahren

aussetzen. Obendrein muß dieselbe auf der Straße oder in dem um Récepteur und Evacuateur gebauten Kellerraum geschehen. Die widerliche Masse muß alsdann per Achse fortgebracht werden; sie ist wertlos und wird am besten verbrannt.

Ist Manches vom hygienischen Gesichtspunkte schon verwerflich, so leidet das Berlier-System auch an technischen Mängeln. Das System erfordert nämlich eine große Menge Wasser, und die Luftverdünnung muß sich — mangels der, beim Liernur-System vorhandenen, Straßenreservoirs — über ein ausgedehntes Rohrleitungsnetz erstrecken und die Reibungswiderstände der Flüssigkeit überwinden. Die Strömungsgeschwindigkeit der Massen verringert sich daher mit der Entfernung von der Luftpumpe.

In der Nacht, wenn die Klosetts in der Regel nicht oder nur wenig benutzt werden, setzen sich die Stoffe im Récepteur ab, werden nicht entleert und können allmählich Verstopfungen verursachen.

Unzeitiges Niedergehen der Kautschukklappen macht das System im Betriebe umständlich und teuer.“

Sind die Massen später an der Centralstation gesammelt, so beginnt, wie wir es beim Liernur-System gesehen haben, die Schwierigkeit, dieselben zu verwerten, resp. zu beseitigen.

Litteratur.

1. Trennsysteme überhaupt betreffend.

1. Baumeister, *Das Separatsystem der Städtereinigung*, Vierteljschr. f. öff. Gesundheitspf., 15. Bd.
2. Baumeister, *Städteverweiterungen in technischer, baupolizeilicher und wirtschaftlicher Beziehung*, 1876.
3. Baumeister, *Städtisches Straßenwesen und Städtereinigung*, 1890.
4. *Le tout à l'égout; Rapport fait par la commission composée de Mr. A. Dévaux, Dr. en médecine, Inspect. général du service de santé civil et d'hygiène au ministère d'agriculture et de l'industrie et des travaux publics et de Mr. M. F. Putseys, Dr. en méd., Professeur d'hygiène à l'Université de Liège*, 1889.
5. *Berichte über den internationalen Kongress für Hygiene u. Demographie zu Wien 1887*, insbes. H. IV.
6. *Berichte über die Allgem. Deutsche Ausstellung auf dem Gebiete der Hygiene und des Rettungswesens zu Berlin 1882/83*, 3. Bd., 1886.
7. Mittermaier, *Reinigung und Entwässerung von Heidelberg*, 1870.
8. *Öln, Festschrift von Dr. Lent zur 61. Versammlung deutsch. Naturforscher u. Aerzte*, 1888.
9. Köhn, *Die Kanalisation von Charlottenburg*, Vierteljschr. f. öff. Ges., 19. Bd.
10. Staley and Pierson, *The separate system*, Newyork 1886.
11. Clark, *The separate system of sewerage*, Report of the State Board of Health of Massachusetts, Boston 1881.
12. *Die systemat. Reinigung u. Entwässerung der Städte*, Gesundheits-Ingenieur 1881.
13. Knauff, *Ableitung des Regenwassers aus Städten*, Gesundheits-Ingenieur 1882.

2. Betreffend das Liernur-System.

- 1) Erismann, *Entfernung der Abfallstoffe*, in Pettenkofer's Handb. d. Hyg. u. d. Gewerbekrankh. (1882) II. Teil I. Abt. 1. Hälfte.
- 2) Lauriu, *Das Liernur'sche System u. s. w.*, Prag 1869.
- 3) Dr. G. H. O. Volger, gen. Senckenberg, *Die Schweemmsielfrage angesichts des Liernur'schen Abfuhrverfahrens mit Saugsielen*, Frankfurt a/M. 1869.
- 4) Glöckner, *Die wirkliche Bedeutung der Versuche zur Einführung der pneumatischen Kanalisation zu Prag* (1869).
- 5) Liernur, *Ueber Straßenreinigung in den Städten*, Monatsbl. f. öff. Ges. (1879) 2. Bd. 22.
- 6) E. Heiden, A. Müller und K. v. Langsdorff, *Die Verwertung der städtischen Fäkalien* (1885), 184.

- 7) R. Blasius, Bericht über den 5. internationalen Kongress für Gesundheitspflege in Prag, V. f. öff. Ges. 17. Bd. 237 ff.
- 8) Zeitschrift f. angew. Chemie (1891) No. 10, 294.

Außerdem sind folgende Schriften über das Liernur-System zu erwähnen:

a) Mehr oder weniger indifferent dem Systeme gegenüber.

- 9) Knauff und Esser, Bericht über die zu Amsterdam und Leyden angestellten Versuche mit dem Liernur'schen Systeme, Viertel. f. öff. Ges. (1872) 4. Bd. 316.
- 10) C. Wallis, Liernur's Differenseringsystem och frågan om städers renhållning, Stockholm 1877 (nach Virchow-Hirsch, Jahresber. (1878), 503 eine kritische Darstellung des Liernur'schen Systems etc.).
- 11) L. Mitgau, Bericht über die in Berlin, Amsterdam etc. eingeführten Systeme der Städtereinigung, Braunschweig 1880.
- 12) H. Eulenberg, Gutachten der Kgl. wissenschaftl. Deputation, betr. das Liernur'sche Reinigungsverfahren in Städten, Vierteljschr. f. ger. Med. u. öff. San.-W. (1884) XL. Supplementheft.

b) Für das Liernur-System.

- 1) Arch. f. rat. Städteentwässerung, herausgegeben von Ch. T. Liernur (1891) 7. Heft, 201.
- 2) F. C. Krepp, The Sewage Question, London 1867.
- 3) Pieper, Ingenieur, „Schwemmkanäle oder Abfuhr“, Dresden, Bach., 1869.
- 4) Die Einführung des pneumatischen Kanalisationssystems zu Prag und deren Resultate, Techn. Bl., V. d. d. Ingen.- u. Arch.-Ver. in Böhmen (1869) I. 1. Heft.
- 5) Fr. Gesellius, Kanalisation oder Abfuhr, vom Standpunkte der Parasiten-theorie für St. Petersburg, St. Petersburg, A. Münz, 1869. (NB. Kritisch widerlegt von Wasserfuhr, Viertel. f. öff. Ges. 1. Bd. 204.)
- 6) Ch. T. Liernur, Die Einführung des pneumatischen Kanalisationssystems in Prag, V. d. d. Ing.- u. Arch.-Ver. in Böhmen, I. Jahrg., 1. Heft.
- 7) R. Virchow, Kanalisation oder Abfuhr, Berlin 1869.
- 8) Kanalisation und Abfuhr mit besonderer Beziehung auf Leipzig, vom Sanitätsausschuß des ärztl. Zweigvereins in Leipzig, Leipzig 1869 (kritisch widerlegt von Wasserfuhr, Viertel. f. öff. Ges. 1. Bd. 270).
- 9) Ch. T. Liernur, Offener Brief an die Teilnehmer der 42. Versammlung der Naturforscher und Aerzte zu Dresden 1888, Prag 1869.
- 10) G. Zehfus, Die pneumatische Kanalisation beleuchtet mit Rücksicht auf Gesundheitspflege, Land- und Forstwirtschaft, I. Abt. Frankfurt 1869.
- 11) Fr. Thon, Gesundheit und Agrikultur oder die Lösung der Latrinenfrage u. s. w., Cassel und Göttingen 1869.
- 12) Ewich, Die Städtereinigungssysteme in Bezug auf Gesundheitspflege, Ackerbau, National-ökonomie und Rentabilität, Monatsschr. f. med. Stat. u. öff. Gesundheitspf. (1869) No. 7.
- 13) Ch. T. Liernur, Die pneumatische Kanalisation und ihre Gegner, Frankfurt a/M. 1870.
- 14) Ch. T. Liernur, Die Ueberrieselungsfrage und Prof. Dünckelberg in Wiesbaden, Frankfurt a/M., Boselli 1870.
- 15) Ch. T. Liernur, Beantwortung der im Schreiben des Magistrats vom 1./3. 1871 vorgelegten Fragen betreffend das Kanalisationsprojekt in Berlin, Berlin 1871.
- 16) Esser, Gutachten über das Liernur'sche System (für Heidelberg), V. f. öff. Ges. (1872) 4. Bd. 320.
- 17) Behröder und Lorent, Bericht über die vom Capitain Liernur in Amsterdam ausgeführten Einrichtungen für Entfernung der Fäkalstoffe (für Bremen), V. f. öff. Ges. (1872) 4. Bd. 486.
- 18) Ch. T. Liernur, Die pneumatische Kanalisation in der Praxis, Frankfurt a/M. 1873.
- 19) Adam Scott, Darlegung und Kritik des Liernur'schen Städtereinigungssystems, Sanitary Record, 21. Nov. 1874.
- 20) Reinhard und Merbach, Amtlicher Bericht über die auf einer Reise nach Holland in-betreff des Liernur'schen pneumatischen Systems dasebst gesammelten Erfahrungen, Vierteljschr. f. ger. Med. u. öff. Sanitätsw. (1875) N. F. 23. Bd. 189.
- 21) Ch. T. Liernur, Ueber die Kanalisation von Städten auf getrenntem Wege, im Vergleich mit dem Schwemmsystem, Vortrag, gehalten in Bern am 11. Jan. 1876, Zürich, Meyer und Zeller, 1876.
- 22) A. Reuss, Offizielle Berichte von Staats- und Stadtbehörden über das Liernur'sche Kanalisationssystem, Heilbronn 1877.
- 23) E. Bochmann, Die Reinigung und Entwässerung der Städte, Riga, W. F. Hücker, 1877, 35 ff.
- 24) Verhandlungen des Internationalen Vereins gegen Verunreinigung der Flüsse, des Bodens und der Luft. I. Versammlung 1877 in Köln, Berlin

- und Leipzig 1878. — II. Versammlung 1878 in Cassel, Frankfurt a/M. 1880. — III. Versammlung in Baden-Baden 1879, Frankfurt a/M. 1881. — IV. Versammlung in Mainz 1880, Frankfurt a/M. 1881.
- 25) Ch. T. Liernur, Ueber die Städtereinigung, *Allg. Wiener med. Zeit* (1878) No. 40—44 u. 47.
 - 26) Ch. T. Liernur, Vortrag über Städtereinigungssysteme gelegentlich der XX. Wanderversammlung bayrischer Landwirte zu Bayreuth am 4./6. 1878, Berlin u. Leipzig 1878.
 - 27) Ch. T. Liernur, Die Verunreinigung deutscher Flüsse, Berlin u. Leipzig 1878.
 - 28) Ch. T. Liernur, Vortrag über „Städtereinigung“ auf der 5. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Cassel (Hyg. Sekt.), V. f. öff. G. (1879) 11. Bd. 295.
 - 29) C. T. Liernur, Ueber das Kanalisieren von Städten auf getrenntem Wege, Vortrag, gehalten in Frankfurt a/M. am 24. Juli 1879, Frankfurt a/M., 1879.
 - 30) v. Oberbeck de Meyer, Les systèmes d'évacuation des eaux et immondiées d'une ville, Paris, G. Masson, 1880.
 - 31) A. Schultz, Anhaltspunkte zur Beurteilung der Kanalisationsfrage in Berlin, Berlin, Wiegandt, Hempel und Parey, 1880.
 - 32) Die Schwemmkanalisation vor den Berliner Stadtverordneten am 14. Oktober 1880, eine historisch-kritische Studie, Dresden 1881.
 - 33) Ch. T. Liernur, Zur Prüfung der Kanalisation auf getrenntem Wege seitens der Münchener Kommission.
 - 34) Palasciano, Vortrag über das Liernur'sche System der Städtereinigung in der hygienischen Sektion des VI. intern. mediz. Kongresses der medizinischen Wissenschaften zu Amsterdam, Referat darüber in V. f. öff. G. (1880) 12. Bd. 487.
 - 35) A. Schultz, Zur Städtereinigungsfrage, eine Studie mit besonderer Rücksicht von Berlin, 1881.
 - 36) Ch. T. Liernur, Beantwortung der Fragen der Königl. preussischen wissenschaftl. Deputation vom 11. Jan. 1882 inbetreff der Kanalisation auf getrenntem Wege (Differenzier-System) (als Manuskript für Privatgebrauch gedruckt).
 - 37) The Liernur-Sewerage-System judged by Hawksley, Power, Sibson, Southern, Eulenberg, Alexander Müller and the Royal Ministers of the Kingdom of Prussia, Amsterdam 1883, 28 ff. Uebersetzt ins Deutsche in Prager med. Wochschr. 1883 No. 33 von Dr. T. Bulova.
 - 38) Ch. T. Liernur, *Archiv f. ration. Städteentwässerung*, Heft 1 (1884) — Heft 9 (1891).
 - 39) B. Braungart, Der gegenwärtige Standpunkt der Städtereinigungsfrage und die Einführung des Schwemmkanalisations-Systems in München, Freising, Daltzer, 1890.
 - 40) Bornemann, Das Liernur-System, Berlin 1892.

c) Gegen das Liernur-System.

- 1) Hobrecht, Das Liernur'sche System und seine Anwendung in Prag, *Viertelj. f. öff. G.* (1869) 1. Bd. 552.
- 2) Urteile über Versuche mit dem sogen. Liernur'schen Systeme in Hanau, V. f. öff. G. (1871) 3. Bd. 312.
- 3) Knauff, Gutachten über das Liernur'sche System (für Heidelberg), *Viertelj. f. öff. G.* (1872) 4. Bd. 323.
- 4) Liernur's System in Amsterdam, redaktionelle Mitteilung einer Notiz von Gosi in Amsterdam, in *Medical Times and Gazette* vom 8./3. 1873, *Viertelj. f. öff. G.* 6. Bd. 163.
- 5) Das Liernur'sche System für Stuttgart empfohlen; Für und Wider. Obermedizinalrat Reufs und die Schwäbische Chronik, *Viertelj. f. öff. G.* (1873) 5. Bd. 147.
- 6) B. Virchow, Reinigung und Entwässerung Berlins, Generalbericht, Berlin 1873, 89 ff.
- 7) G. Varrentrapp, Das Liernur'sche System und seine neuen offiziellen Beurteiler, *Viertelj. f. öff. G.* (1877) 9. Bd. 593.
- 8) W. Gunning in Amsterdam, Vortrag über das Liernur-System auf der 51. Versamml. deutscher Naturf. u. Aerzte zu Cassel, Referat darüber in *Viertelj. f. öff. G.* (1879) 11. Bd. 302.
- 9) H. Marggraff, Wasserversorgung, Kanalisation und Abfuhr, München 1879.
- 10) Reisebericht der Münchener Kommission über die Besichtigung der Kanalisations- und Berieselungs-Anlagen in Frankfurt a/M., Berlin, Danzig und Breslau, sowie der Liernur-Anlagen in Amsterdam, Leyden und Dordrecht.
- 11) L. Mitgau, Liernur's System der Städtereinigung, Braunschweig 1879.
- 12) J. Soyka, Kritik der gegen die Schwemmkanalisation erhobenen Einwände, München 1880.
- 13) Virchow, Ueber die Verwendung der städtischen Unreinigkeiten, Referat auf der X. Versammlung d. D. V. f. öff. G. in Berlin 1883, *Viertelj. f. öff. G.* (1883) 15. Bd. 584.
- 14) J. Kalfan, Der gegenwärtige Stand der Fäkalienabfuhr nach dem Differenziersystem, *Viertelj. f. öff. G.* (1885) 17. Bd. 407.

- 15) **Ladislav Hajnis**, *Historisch-kritische Studien über das Liernur-System, mit besonderer Berücksichtigung des Entwässerungssystems mittels Injektoren; übersetzt aus dem Böhmischen, Prag 1886.*

3. Betreffend das System Berlier.

- 1) **Berlier**, *Sur l'évacuation des vidanges; Bullet. Soc. médicale publique*, 1882.
- 2) *Rapport sommaire suivant le système des vidanges Berlier, in den Travaux de la commission de l'assainissement de Paris*, 1883.
- 3) **J. Stübben**, *Ein neues System der Beseitigung der menschlichen Abfallstoffe aus den Städten (System Berlier)*, *Centralbl. f. allg. Ges.* (1883) 2. Bd. 1.
- 4) *Bericht der Gesundheitskommission der Stadt Utrecht, aus dem Holländischen übersetzt von Francis Liernur*, *Arch. f. rat. Städteentwässerung von Ch. T. Liernur* (1890) 6. Heft 1.
- 5) **E. O. Schubarth**, *Berlier's pneumatisches System, ein Beitrag zur Städtereinigungsfrage*, Berlin, A. Seydel, 1883.
- 6) **Heiden, Müller u. von Langsdorff**, *Die Verwertung der städtischen Fäkalien*, Hannover 1885 173 ff. — **Oberbeck de Meyer** in *Ann. d'Hyg.* 1882 No. 8 178. — *Derselbe in Les systèmes d'évacuation etc.* 99. — **Ch. T. Liernur** in *Rationelle Städteentwässerung*, 182. **E. Ferrand**, *Vidanges et égouts*, Lyon méd. 1886.

4. Betreffend das System Shone.

- 1) *Sheme intended for Stansty etc. with exposal for severing the same on Isaac Shones sewerage system*, London 1880.
- 2) **Knauff**, *Die Mängel der Schwemmkanalisation gegenüber dem Shone-System*, 1883.
- 3) **Knauff**, *Entwurf zur Kanalisation der Stadt Potsdam*, 1885.

5. Betreffend das System Shone. Weiteres.

- 1) **Waring**, *The sewerage of Memphis*, in den *Transactions of the Sanitary Inst. of Great Britain*, 1880, und in den *Transact. of the Americ. Society of Civilengineers*, 1881.
- 2) **Waring**, *Entwässerung von Stadt und Land*, Neuport 1889.
- 3) **Pontzen**, *Première application à Paris de l'assainissement suivant le système Waring*.

VI. Tiefenlage der Kanäle.

Die Tiefenlage der Kanäle wird durch eine Reihe von Faktoren beeinflusst, welche im folgenden der Reihe nach geschildert werden.

1. Frostsicherheit.

Eine Anforderung, der unter allen Umständen zu genügen ist, besteht darin, daß die Frostgefahr ausgeschlossen sei. Da aber den häuslichen Abwassern auch größere Mengen höher temperierten Wassers zufließen, ist diese Gefahr im allgemeinen gering, jedoch dadurch etwas vergrößert, daß die Wassergeschwindigkeit in den Kanälen nur klein ist. Erfahrungsmäßig genügt schon etwa 1,0 m Tiefe der Kanalsole, um die Frostgefahr da auszuschließen, wo die Mindesttemperatur im Winter nicht unter -15°C sinkt; doch kommen leicht Ausnahmen vor. Dichte Lagerung des Bodens (also auch der überpflasterte Straßengrund) leitet die Wärme stärker als Boden mit großem Porenvolumen; auch freie, dem Luftzuge ausgesetzte Lage der Straßen kann die Abkühlung des Bodens sehr befördern. Im allgemeinen werden daher Kanäle größere als die oben angegebene Tiefenlage bedürfen. Einfrieren findet auch um so leichter statt, je geringer die Wasserführung der Kanäle, also auch je kleiner der Querschnitt derselben ist. Daher müssen sowohl größere Kanäle, die zu Zeiten nur wenig Wasser führen, aber große Luftmengen

enthalten, als auch enge Rohrkanäle größere Tiefenlage erhalten als Kanäle mittlerer Profile, wenn diese dauernd einigermaßen wasserreich sind.

Frostgefahr ergibt sich für Kanäle ferner daraus, daß beim Schneeschmelzen plötzlich große Mengen kalten Wassers und mit ihnen auch beträchtliche Luftmengen von niederer Temperatur Zutritt erlangen. Da aus Verkehrsrücksichten die Straßeneinlässe keine Sperrung vertragen, muß die Tiefenlage der Kanäle groß genug sein, daß selbst bei Zutritt großer Mengen von stark abgekühltem Wasser dem Kanalwasser eine um einige Grad über Null liegende Temperatur erhalten bleibt *).

2. Rücksichten auf sonstige unterirdische Leitungen.

Der Untergrund städtischer Straßen hat in neuerer Zeit eine ganze Anzahl von Leitungen (für Wasser, Gas, Elektrizität, Druckluft u. s. w.) aufzunehmen, die mit ihren zu den anliegenden Grundstücken führenden Verbindungen für die Tiefenlage des Kanalnetzes bestimmend werden können. Bei der Tiefenlage jener anderen Leitungen ist fast nur die Rücksicht auf Frostfreiheit, aber auch diese zuweilen nicht maßgebend, auch die Bodengestalt insofern von keinem Einfluß, als jene Leitungen nicht mit genau geordnetem Gefälle verlegt zu werden brauchen, sondern dem Oberflächengefälle meist zwanglos folgen können.

Anders die Kanalisationsleitungen, für welche ein geeignetes Gefälle Hauptsache ist und bei denen dieses Gefälle durch die Oberflächenbeschaffenheit wesentlich bestimmt ist (vergl. unter VIII, IX und X). Daher werden bei Kanalisationen leicht große Schwierigkeiten entstehen, sobald man in derjenigen Höhenzone des Untergrundes, in welcher die übrigen Leitungen liegen (bis etwa 2 m), sich hält; verwickelte Anlagen, Umänderungen bestehender anderweiter Leitungen u. s. w., Differenzen mit den Eigentümern und im allgemeinen Schädigung fast aller Leitungen ist die Folge davon. Das kann dahin führen, für die Kanalisationsleitungen eine tiefere Höhenzone des Grundes aufzusuchen, als jene, in welcher die fremden Leitungen sich halten.

3. Tiefenlage der Kellersohlen.

Die Sohlen möglichst aller Keller einer Stadt sollen unmittelbar entwässerungsfähig sein, und es darf von dieser Forderung nur hinsichtlich einer kleinen Anzahl besonders tief liegender Keller, deren Berücksichtigung die Kosten der Entwässerungsanlage unverhältnismäßig erhöhen würde, abgesehen werden; diese zu tief liegenden Keller sind auf die Anbringung von Ausgußbecken in entsprechender Höhe über der Sohle anzuweisen. Dafür, daß den,

*) Diese Forderung ist aufrecht zu erhalten auch gegenüber dem in einzelnen Städten üblichen Verfahren, des Schnees von den Straßen sich durch Einräumen in die Kanäle zu entledigen; dasselbe kann nur da ausnahmsweise als zulässig erachtet werden, wo die Kanalwasser durch Zuleitung großer Mengen stärker erwärmter Wasser (Kondensationswasser) hoch temperiert und gleichzeitig die Kanalquerschnitte sehr große sind. Besser ist jedenfalls die Einrichtung, zur Seite der Kanäle besondere Schneekammern anzulegen und diese so mit dem Kanal zu verbinden, daß Wasser aus dem letzteren durchgeleitet werden kann. Für Städte in südlichen Klimaten mit allgemein höherer Temperatur der Abwasser und nur gelegentlichen, geringen Schneefällen gelten vorstehende Bemerkungen nicht. Vergl. Richter, dieses Handbuch, Bd. I, Abt. 2, S. 176 unten.

aus älterer Zeit stammenden zu tief liegenden Kellern später nicht noch weitere hinzutreten, ist auf dem Wege der Polizeiverordnung, welche die tiefste Lage der Keller begrenzt, zu sorgen.

4. Einfluß der Straßenbreite.

Beinahe ebenso bestimmend für die Tiefenlage der Kanäle wie die Tiefenlage der Kellersohlen ist die Straßenbreite aus dem Grunde, daß die Anschlußleitungen der Grundstücke, um gesicherte Vorflut zu erhalten, ein relatives Gefälle $\frac{h}{l} = 0,01 - 0,02$ bedürfen. Je länger die Strecke l vom letzten Ausguß oder Einlauf auf dem Grundstück bis zum Straßenkanal, um so größer muß das erforderliche absolute Gefälle h sein. Danach wird in breiten Straßen mit nach der Hinterseite tief ausgedehnten Grundstücken der Fall oft vorkommen, daß letztere nicht gut entwässert werden können, wenn der Straßenkanal bloß die zur Frostfreiheit erforderliche Tiefenlage erhielte. Um nicht gezwungen zu sein, über diese Tiefe hinauszugehen, legt man statt eines einzigen Kanals in der Straßenmitte oft zwei, je einen zu beiden Seiten, an. — Zwei Kanäle in der Straße können übrigens leicht auch vorteilhafter sein als nur einer, da der Querschnitt jedes der beiden Kanäle nur die Hälfte des Querschnitts des einen Kanals zu betragen braucht, während die Anschlußleitungen der Grundstücke dabei mehr oder weniger beträchtlich kürzer werden. Dazu tritt häufig der weitere Vorteil, daß bei zwei Kanälen Kreuzungen der Hausanschlüsse mit anderen Leitungen vermieden werden, endlich daß das Kanalnetz an R a s c h h e i t in der Aufnahmefähigkeit der Regenwasser gewinnt. Denn wenn zwischen den zwei Kanälen einzelne Verbindungsstränge gelegt werden, so kann zwischen den Wasserführungen der beiden Kanäle ein Ausgleich stattfinden und dabei die Leistungsfähigkeit des Netzes unter Umständen bedeutend gewinnen. Dies gilt natürlich in noch viel höherem Maße, wenn jeder der beiden Kanäle diejenige Größe erhält, um für sich allein die Regenwasser aufnehmen zu können.

Zwei Kanäle in einer Straße anzuordnen, kann zuweilen auch in schmalen Straßen zweckmäßig sein, wenn nämlich der für die Wasserführung ausreichend bemessene Hauptkanal eine bedeutende Tiefenlage erhält. Hier ordnet man in normaler Tiefenlage einen Nebkanal an, der die Grundstücksanschlüsse aufnimmt und am unteren Ende mit dem Hauptkanal in Verbindung gesetzt wird. Wollte man alle Grundstücke an den Hauptkanal unmittelbar anschließen, so würden die Kosten diejenigen des Nebkanals übersteigen. Außerdem würden, wenn die Anschlüsse nicht gleichzeitig, sondern nach und nach erfolgen, häufig sich wiederholende Verkehrsbelästigungen entstehen.

5. Spezielle gesundheitliche Rücksichten.

Erst nachdem den Rücksichten auf Frostsicherheit und Entwässerungsfähigkeit der Grundstücke genügt ist, treten die speziellen gesundheitlichen Anforderungen bezüglich der Tiefenlage der Kanäle in ihr Recht. Dieselben knüpfen an drei Punkte an: Die Tiefenlage soll so beschaffen sein, daß: a) die angeschlossenen Häuser trocken gelegt, b) auch die Gefahr gelegent-

licher Kellerüberflutungen ausgeschlossen ist, und c) die Beschaffenheit der Kanalluft nicht ungünstig beeinflusst wird.

a) Allgemeine Beziehungen der Kanalisation zu Grundwasser- und Boden-Verunreinigungen.

An dieser Stelle handelt es sich ausschließlich um Verbindungen, welche zwischen den in den Kanälen fließenden Abwassern und dem außerhalb derselben befindlichen Grundwasser bei entsprechend hoher Lage desselben bestehen können. Es ist für diesen Zweck zwischen gelegentlich eintretenden Spiegelerhebungen und dauernd hohen Grundwasserständen zu unterscheiden. Während seltener vorkommenden Spiegelerhebungen ein Einfluß auf die Tiefenlage des Kanalnetzes nicht immer eingeräumt zu werden braucht, kommt dauernd hohen Grundwasserständen dabei ein bestimmender Einfluß zu, sowohl wegen der sehr bedeutenden Erhöhung der Baukosten, als auch weil beim Bau unter Grundwasserspiegel eine Garantie für ausreichende Qualität des Bauwerks — namentlich für Dichtheit der Kanalwände — kaum geleistet werden kann. Man wird daher auf das einigermaßen tiefe Hineingeraten ins Grundwasser sich nur im Notfalle einlassen dürfen.

Auch nur gelegentlich hohe Grundwasserstände, wie sie z. B. in Uferterrains beim Ansteigen des Flußspiegels sich ergeben, können von Bedeutung für die Tiefenlage des ganzen Kanalnetzes sein, wenn es etwa notwendig ist, in den in der Nähe des Ufers liegenden Kanalserecken immerwährend einen gewissen konstanten Füllungszustand zu erhalten. Bei heftigen Wechseln desselben würden die betr. Kanalserecken unter äußeren Ueberdruck zu stehen kommen, der denselben bei entsprechender Größe eventuell gefährlich werden könnte.

Die gesundheitlichen Vorteile, welche ein möglichst schwankungsfreier Grundwasserspiegel besitzt, sind in früherer Zeit in einzelnen Fällen Anlaß gewesen, Kanalisationsanlagen für die Regelung des Grundwasserspiegels nebenher in der besonderen Weise nutzbar zu machen, daß man in der Kanalwand Oeffnungen (offene Stoßfugen in gemauerten, offene Muffen in Rohr-Kanälen) beließ, durch die in Zeiten hoher Spiegelstände das Grundwasser seinen Weg in die Kanäle fand. Vielfach hat sich derselbe Effekt auf gleiche Weise unbeabsichtigt bloß als Folge mangelhafter Bauweise ergeben. Die freiwillige Aufnahme dauernd fließenden Grundwassers war wohl immer ausgeschlossen.

Nachdem erkannt war, daß derartige Anlagen dem Hauptzwecke der Kanalisation, der Reinhaltung des Bodens direkt zuwiderlaufen, indem zu Zeiten das schmutzige Kanalwasser seinen Weg durch die Kanalwand in das umgebende Erdreich hinein nimmt, hat man sich in der Folgezeit bestrebt, die Kanalwandungen möglichst wasserdurchlässig herzustellen. In manchen Fällen wird diese Absicht von vornherein erreicht, in anderen hat sich die Dichtigkeit nachträglich von selbst ergeben.

Keines von den für Kanalisationszwecke gewöhnlich zur Anwendung kommenden Baumaterialien ist im strengen Sinne des Worts wasserdicht; namentlich sind natürliche Steine, Ziegel, Mörtel und Beton in der Regel durchlässig. Jedenfalls kommen in jeder Leitung unver-

meidbar einzelne Stellen vor, an denen geringe Wassermengen ihren Weg von außen nach innen oder umgekehrt nehmen können. Auch Mauerüberzüge (Putz) aus hydraulischem Mörtel gewähren dagegen keine vollkommene Sicherheit, oft nicht einmal eine leidliche, weil die Verhältnisse, unter denen der Putz hergestellt werden muß, dem Gelingen des Werkes meist besondere Schwierigkeiten entgegenstellen. Gefährliche Stellen sind namentlich solche, wo die Enden einzelner Teile aneinander stoßen, zwei Leitungen miteinander verbunden sind, wo Leitungen von Einsteigeschächten unterbrochen werden; immer sind solche Punkte sogenannte schwache Teile der Anlage. Bei glasierten Thonröhren ist bei der Länge der Schüsse die Zahl solcher Punkte am größten, bei Betonröhren etwas weniger groß. Während aber die aus dem Bestehen von schwachen Punkten herrührende Gefahr: daß zwischen Außen und Innen der Kanäle gröbere Verbindungen bestehen, durch peinlichste Sorgfalt bei der Ausführung, praktisch genommen, auf Null vermindert werden kann, ist die Forderung, Undurchlässigkeit der Materialien, unerfüllbar.

Es fragt sich aber, ob dadurch der Zweck der Kanalisation eine nennenswerte Beeinträchtigung erleiden kann, d. h. ob nicht nur größere Mengen von Grundwasser in den Kanal hinein Eintritt gewinnen, sondern auch, umgekehrt, Schmutzwassermengen, durch die Kanalwand hindurch, in einiger Menge an das Grundwasser abgegeben werden können? Die Erfahrung zeigt, daß sich in Kanälen auf glatter Wand ein mehr oder weniger dicker Ueberzug bildet, dem man den Namen „Sielhaut“ gegeben hat. Diese Sielhaut, welche aus fettigen, seifenartigen und schleimigen Stoffen besteht, hebt die Wasserdurchlässigkeit der Kanalwand im praktischen Sinne auf. Sollte sie aber dazu etwa nicht völlig genügend sein, so kommt ihr ein anderer Faktor, die Osmose zu Hilfe: Wenn an der Außenseite der Kanalwand Feuchtigkeit (Grundwasser) vorhanden ist, „schwitzt“ dieselbe nach innen durch, und wenn diese Feuchtigkeit die Form von dauerndem Grundwasser hat und der Außenspiegel höher als der Innenspiegel steht, so wird der Durchtritt wesentlich stärker sein. Besonders auffällig wird die Erscheinung an zahlreichen kalkigen Ausschwitzungen, welche in der Form von herabgelaufenen weißen Strömen in einem gemauerten Kanale sich bald nach der Herstellung zu zeigen pflegen. Gesundheitliche Bedeutung besitzt der Vorgang nicht, wogegen der umgekehrte Verlauf desselben, infolge Wirkung der Exosmose, allerdings von Bedeutung sein würde. Eine solche Umkehrung findet aber kaum statt, wie sowohl durch theoretische Anschauung als durch praktische Erfahrung erwiesen ist. Das Wasser in den Kanälen ist ständig in Bewegung und während hierdurch die Wirkung der Endosmose gesteigert wird, erfährt die Exosmose eine Abschwächung bis zum vollständigen Erlöschen. — Dieselbe ist um so größer, je poröser die Kanalwand, und es könnte daher sogar vorteilhaft erscheinen, als Baumaterialien solche von möglichst hoher Porosität zu verwenden, wenn dem nicht entgegenstände, daß zu Zeiten von Hochwassern in den Kanälen innerer, zu Zeiten von Niedrigwassern äußerer Ueberdruck sich ergibt, oder doch ergeben könnte. Nur deshalb ist es notwendig auf gesteigerte Wirkung der Osmose mittels Porosität der Kanalwände zu verzichten und möglichste Wasserundurchlässigkeit derselben anzustreben. Es ist daher beim Bau der Kanäle überall auf guten Fugenschluß (volle Fugen) zu halten und beim Verfüllen der Baugruben große Sorgfalt aufzuwenden, daß nicht Hohlräume hinter

der Kanalwand bestehen bleiben, welche zu nachträglichen Boden-senkungen Anlaß geben, durch welche Mauerfugen sich öffnen oder Risse in denselben entstehen können.

Die praktische Bedeutungslosigkeit der Exosmose mit Bezug auf Bodenverunreinigung ist durch Beobachtungen v. Pettenkofer's, Wolffhügel's und v. Fodor's ausreichend erwiesen. Besonders sind es Untersuchungen Feichtinger's und Wolffhügel's an Münchener Kanälen, die der früher oft ausgesprochenen Befürchtung solcher Bodenverunreinigungen, sogar mit Bezug auf weniger sorgfältige Bauweise als die, welche heute allgemein üblich ist, ein Ende gemacht haben.

Die Durchlässigkeit der Kanalwände nimmt mit zunehmendem Alter der Kanäle ab; sie hat (nach v. Fodor), wenn die Kanäle in Boden liegen, der schwer durchlässig für Wasser ist, überhaupt keine Bedeutung.

b) Selbstthätige Senkung des Grundwasserspiegels.

Zahlreiche Erfahrungen beweisen, daß die Ausführung einer Kanalisation, wenn die Kanäle in das Grundwasser hineinreichen, regelmäßig eine gewisse Senkung des Grundwasserspiegels nach sich zieht. Die Erklärung liegt nahe genug: Zunächst wird dem Boden derjenige Anteil von Regenwasser, welcher in den Kanälen zum Abfluß gelangt, vorenthalten, und sodann wird durch die mit Sohlengefälle hergestellten zahlreichen Einschnitte in den Boden, in welche die Leitungen eingebettet werden, dem einsickernden Wasser (wie auch dem bereits im Boden vorhandenen) die Vorflut erleichtert, indem der in die Baugruben eingeschüttete Boden die dichte Lagerung des sogen. gewachsenen kaum wiedererlangt. Das Grundwasser bahnt sich den Weg durch den lockeren Boden an den Seiten der mit Gefälle verlegten Kanäle entlang und behält diesen Weg dauernd bei, auch wenn die Lagerung des Bodens nach und nach wieder dichter wird.

c) Künstliche Senkung des Grundwasserspiegels.

Die vorstehend betrachtete „selbstthätige“ Spiegelsenkung des Grundwassers, welche immer in mäßigen Grenzen bleibt, kann durch besondere Vorkehrungen u. s. w. leicht vergrößert werden.

Ein sehr einfaches Mittel besteht darin, daß man am Umfange der Kanäle statt des ausgehobenen Bodens (mit geringen Porenvolumen) stark porösen Boden wieder einfüllt.

Wo man gemauerte Kanäle zwischen Spundwänden baut, behält das Grundwasser zu beiden Seiten der Spundwände relativ bequeme Wege, selbst wenn die Außenseite des Mauerwerks nahe an die Innenseite der Spundwände herantritt. Im Interesse der Güte der Ausführung sollten aber zwischen Mauerwerk und Kanalwand einigermaßen breite Schlitzte belassen werden, welche während des Baues dem Grundwasser den Weg öffnen insbesondere aber lokale Anstauungen verhindern, bei denen das noch frische Mauerwerk unter Druck gerät und dann leicht bedeutenden Schaden an seiner Dichtigkeit und Festigkeit nimmt.

Anderweit werden zur Ableitung von Grundwasser unter der Sohle der Kanäle Röhren oder Drains mit offenen Stoßfugen verlegt oder auch im Sohlenmauerwerk selbst eine oder mehrere Oeffnungen ausgespart, zu denen man dem Grundwasser an zahlreichen Stellen

seitlich Zutritt verschafft. Am besten erfüllen diesen Zweck aber sogen. Sohlstücke aus gebranntem Thon, die jedoch wegen ihrer Kostspieligkeit meist durch billigere, aus Beton geformte, event. auch aus mehreren Backsteinschichten gemauerte ersetzt werden. Die nebenstehende Fig. 5 zeigt einen Kanal mit Sohlstück aus gebranntem Thon. Die in dem Ab-

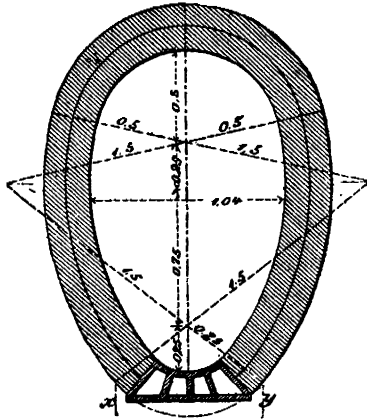


Fig. 5. Kanal mit Sohlstück.

schnitt „Kanalprofile“ weiterhin folgenden Abbildungen stellen gleichartige, aber etwas anders durchgebildete Einrichtungen für denselben Zweck dar. — Die Benutzung von hohlen Sohlstücken bringt den wichtigen Nebenvorteil mit sich, daß sie den Bau der Kanäle erleichtert, indem durch dieselben die erforderliche Vorflut für das in den Baugruben sich sammelnde Wasser geschaffen wird. Ein Mangel der Sohlstücke aus gebranntem Thon ist, daß sie in beweglichem Boden leicht brechen.

Gleichartige Einrichtungen, wie sie hier für große Kanäle beschrieben sind, lassen sich auch bei Rohrkanälen treffen.

Weitergehende Senkungen des Grundwasserspiegels als die bisher betrachteten können nur durch regelrechte Drainagen erzielt werden, die bisher aber wohl selten angewendet worden sind. Liernur hat dieselben früher zuweilen als ergänzenden Teil zu seinem Trennsystem in Vorschlag gebracht, aber, so viel bekannt, niemals ausgeführt.

Wenn Kellersohlen der Gefahr unterstehen, zu Zeiten hoch angestiegenen Grundwassers überschwemmt zu werden, ist es — ebenso wie bei dauernder Feuchtigkeit derselben — angezeigt, im Keller kleine Gruben mit unbefestigter Sohle anzulegen, in denen sich das Grundwasser sammelt und aus denen es zeitweilig entfernt wird, oder die im Falle der Möglichkeit einen besonderen Röhrenabfluß nach dem Straßenkanal erhalten. Diese Abschlußvorrichtungen müssen Wasser-schlüsse erhalten.

Dauernd unter einem gewissen Druck des Grundwassers stehende Kellersohlen werden am sichersten in der Weise trocken gehalten, daß am ganzen Umfange des Gebäudes in etwas tieferer Lage als die Oberfläche der Kellersohle eine Packung oder Schüttung aus natürlichen Steinen oder Ziegelsteinen eingebracht wird, in die man event. eine Drainsleitung verlegt, die zu einem Recipienten (Brunnen) hinführt, in welchem dauernd ein entsprechend niedriger Wasserstand auf natürliche oder künstliche Weise erhalten wird.

d) Sicherheit gegen Kellerüberschwemmungen.

Die Sicherheit vor gelegentlichen Kellerüberflutungen durch rücktretendes Kanalwasser ist nur teilweise von der Tiefenlage der Kanäle abhängig, in höherem Maße sogar von der Aufnahmefähigkeit der Kanäle und den speziellen Einrichtungen der Hausentwässerungsanlage, worüber unter IX. und XVII. weiterhin zu vergleichen ist.

e) Beziehungen der Tiefenlage der Kanäle zur Beschaffenheit der Kanalluft.

Verschlechterungen der Kanalluft müssen schon im Reinlichkeitsinteresse vermieden werden, auch wenn man nicht geneigt ist, der sog. Kanallufttheorie eine besondere gesundheitliche Bedeutung beizulegen. Die Einrichtungen der Kanalisation müssen von dem Streben beherrscht sein, der Fäulnis der Abwasser möglichst entgegenzuwirken. Dabei spricht die Tiefenlage der Kanäle insofern mit, als von ihr die Temperaturhöhe der in den Kanälen sich bewegenden Wasser (bezw. der Wechsel derselben) und auch der Luftwechsel in den Kanälen in gewissem Umfange bedingt sind. Gleichmäßige und niedrige Temperatur in den Kanälen wird fäulnisverzögernd, wechselnde und hohe Temperatur fäulnisbefördernd wirken. Da aber mit der Tiefenlage der Kanäle die Temperaturschwankungen stark abnehmen, müßte der tieferen Lage der Kanäle vor der flacheren der Vorzug beigelegt werden. Andererseits ist mit der Einschränkung des Temperaturwechsels der Kanalluft aber auch eine Verminderung der Triebkraft für den Luftwechsel in den Kanälen verbunden. Doch führt die relative Beständigkeit der Temperatur der Kanalluft eine größere Gleichmäßigkeit der Bewegung im Wechsel der Jahreszeiten, sowohl was Richtung als Geschwindigkeit betrifft, mit sich. Beim Luftwechsel in den Kanälen ist aber — außer den Temperaturunterschieden — die über Erdoberfläche fortstreichende Windströmung vielleicht der wesentlichste Faktor, dessen Wirkung bei flacher Lage der Kanäle wahrscheinlich größer ist als bei tieferer Lage derselben (vergl. unter XV.).

Danach bleibt die Frage des Einflusses, den die Tiefenlage der Kanäle auf die Luftbeschaffenheit derselben ausübt, vorläufig offen und wird vielleicht einer allgemeineren Beantwortung überhaupt nicht fähig sein.

6. Verwaltungsrücksichten.

Verwaltungsrücksichten können in die Frage der Tiefenlage der Kanäle von mehreren Gesichtspunkten aus hineinspielen, z. B. von dem, daß den Eigentümern anderweiter Leitungen im Straßengrunde vertragsmäßig gewisse Rechte zugestanden sind, wie etwa das Recht, daß solche Leitungen den unterirdischen Kanälen nicht zu weichen brauchen. Indem derartige Zugeständnisse geeignet sind, die Kanalisation bedeutend zu erschweren (s. unter 2, S. 181), wird eine vorsichtige Stadtverwaltung den Eigentümern anderer Anlagen niemals solche Zugeständnisse machen dürfen, sondern die Forderung: daß jederzeit jede unterirdische Anlage den Kanälen zu weichen hat, im ganzen Umfange aufrecht erhalten müssen.

Weiter können Verwaltungsrücksichten auch bei der Frage: ob ein oder zwei Kanäle in der Straße angelegt werden sollen, beteiligt sein, indem hierbei der Aufbringungsmodus der Kosten berührt wird. Liegt nur ein Kanal in der Straße und kann dieser nicht die Lage in der Straßenmitte erhalten, so fallen die Anschlußleitungen zu den anliegenden Grundstücken ungleich lang aus, und sind die Kosten für die Anlieger der einen Seite höher als die Kosten für die Anlieger der anderen Seite. Um diese Ungleichheit zu vermeiden, kann sich die Gemeindeverwaltung veranlaßt sehen, entweder zwei Kanäle anzuordnen

oder aber es bei einem zu belassen und die Kosten der Anschlüsse, sei es auf die eigenen Schultern zu nehmen, sei es dieselben gleichmäßig auf die anliegenden beiden Straßenseiten zu verteilen.

7. Beziehungen zwischen Tiefenlage und Kanalprofilen.

Hier muß zunächst zwischen engen Rohrkanälen und größeren gemauerten Kanälen unterschieden werden. Bei letzteren ist das Intervall zwischen niedrigstem und höchstem Wasserstande ein relativ großes, daher auch die mögliche Rückwirkung auf den Abfluß der Hausleitungen event. eine große. Aus diesem Grunde, sowie um die mit der etwaigen tieferen Eintauchung ins Grundwasser verbundene Kostenvermehrung zu vermeiden, wird man tief liegende Kanäle mehr breit als hoch machen, auf die Vorzüge, welche mehr hohe als breite Profile für den Abfluß gewähren (vergl. unten VIII) hier also vielleicht Verzicht leisten. Für tiefe Lage der Kanäle könnte daher die Profilform nach Fig. 6 (die auch für Regenüberfälle paßt) die geeignetste sein.

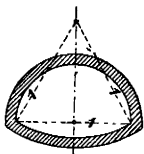


Fig. 6. Breite Profile für tiefe Kanäle.

Wenn tief liegende Kanäle nicht ausreichende Kapazität besitzen und infolge davon nicht imstande sind, bei heftigen Regenfällen das Wasser in demselben Maße, wie dasselbe zufließt, abzuführen, so findet zeitweilig Aufstau in den Einsteigeschächten, Straßeneinlässen und Hausanschlüssen statt, wobei die Kanäle auf inneren Druck beansprucht werden und dadurch in ihrem Bestande bzw. in der Dichtheit der Wände gefährdet sein können. Kanäle mit großer Tiefenlage werden also nicht nur kostspieliger wegen der Vermehrung der Erdarbeitskosten, sondern auch deswegen, weil das Erfordernis konstruktiver Sicherheit (wozu auch die Intakt-Erhaltung der Muffen-Dichtung bei Rohrkanälen gehört) höhere Kosten mit sich bringt. Am augenscheinlichsten wird die Kostenvermehrung in der Tatsache, daß Thonrohre, wenn sie eine gewisse, eng begrenzte Weite (die man durchschnittlich zu 50 cm annehmen kann) überschreiten, für tiefe Lagen unsicher in ihrem Bestande sind und an ihre Stelle die viel kostspieligeren gemauerten Kanäle (oder auch solche aus Beton) treten müssen. (Weiteres hierzu s. unter XI.)

8. Einfluß der Terraingestalt.

Das Relief des Entwässerungsgebiets wird insofern für die Tiefenlage der Kanäle mitbestimmend sein, als von demselben das zur Verfügung stehende Gefälle abhängt, durch das in der Regel die Lagen des höchsten und des tiefsten Punktes einer Stadtkanalisation festgelegt sind. Der Einfluß des Reliefs kommt in verstärkter Weise zur Geltung, wenn das Entwässerungsgebiet von offenen Gewässern berührt wird, welche zur Spülung oder zum Anschluß von Regenüberfällen, oder zur Einleitung von Kanalwassern — sei es geklärt, sei es ungeklärt — benutzt werden sollen.

9. Bedeutungslosigkeit allgemeiner Regeln.

Regeln über die notwendigen Tiefenlagen von Kanälen, wie sie hie und da mitgeteilt sind, kann bei der vorstehend dargelegten großen

Mannigfaltigkeit der mitsprechenden Faktoren keine sonderliche Bedeutung beigelegt werden, dies um so weniger, wenn die Profilgrößen dabei außeracht gelassen sind. Ebenso wenig kann die Berufung auf Beispiele, sei es daß dieselben sich auf besonders tiefe, sei es daß sie sich auf besonders flache Lagen der Kanäle beziehen, Beweiskraft in Anspruch nehmen. Erfahrungen scheinen aber zu beweisen, daß die gesundheitliche Bedeutung einer besonders tiefen Lage der Kanäle zuweilen überschätzt wird.

In Frankfurt a. M. hat man den Kanalsohlen stellenweise Tiefenlagen bis 8 m unter Terrain gegeben; durchschnittlich liegen die Kanäle dort 5—6 m tief. Ähnlich in Mainz, wo die größte Sohlentiefe der Kanäle 7,0 und die kleinste 2,5 m, das Mittel also 4,75 m beträgt. Für nicht sehr wohlhabende Städte würden die Kosten solcher Tiefanlagen oft unerschwinglich sein. Es werden daher in der Regel heute auch flachere Lagen gewählt, man kann sagen zwischen 1,5 und 3 m.

Der in der Litteratur zuweilen vorkommende Ausdruck „Tiefkanalisation“ ist ein gänzlich vager, dem deshalb auch keine Bedeutung beigelegt werden kann. Vermutlich hat damit im Anfang nur der Gegensatz der neuern, rationell angelegten Städtekanalisationen im Gegensatz zu den Kanalanlagen aus älterer Zeit zum Ausdruck gebracht werden sollen.

10. Besondere Einrichtungen bei dauernd hohen Grundwasserständen.

Die Kosten der Kanalanlagen kann man wesentlich herabsetzen, indem man die Menge der aufzunehmenden, bzw. durch lange Strecken des Kanalnetzes zu führenden Regenwassermengen möglichst klein bemißt. Unter Bezugnahme auf die zu diesem Gegenstande unter III. angestellten Untersuchungen sei hier nur eines eigenartigen Hilfsmittels erwähnt, von welchem in dem englischen Städtchen Chiswick Anwendung gemacht worden ist. Dort sind unter den Straßeneinlässen Bassins (von etwa 3 cbm Inhalt) mit durchlässiger Wand hergestellt, die den Inhalt nach und nach in den kiesigen Grund versickern lassen. Erst bei Erreichung eines gewissen Höhenstandes in den Reservoiren erlangt das Wasser Zutritt zu dem Straßenkanal, und auch dieser ist im obersten Teil mit durchlochter Wand hergestellt, sodaß von ihm aus der Uebertritt von Kanalwasser in den Boden stattfinden kann. Es handelt sich hier um einen bloßen Notbehelf, der nur unter ganz besonderen Umständen — wenn überhaupt — seine Rechtfertigung finden kann und der Beseitigung überschüssiger Wassermengen mittels Regenüberfälle in offene Gewässer gesundheitlich wohl immer nachsteht. Als mildernder Umstand für den vorliegenden Fall kann angeführt werden, daß der Boden von Chiswick sehr grobkiesig ist, daher sein großes Porenvolumen ihm die Fähigkeit verschafft, relativ bedeutende Mengen organischer Stoffe auch dauernd zu oxydieren.

Gesundheitsingenieur 1893.

Arnould, Nouveaux éléments d'hygiène, 1889.

Bericht der techn. Kommission des Altonaer Industrie-Ver. in der Beil. No. 126 d. Altonaer Nachr. 1861.

M. v. Pettenkofer, Das Kanal- oder Sielsystem in München. Gutachten, abgegeben von der durch den Stadtmagistrat gewählten Kommission.

Wibel, in den Abhandl. d. Naturwissensch. Ver. von Hamburg 1883.

Wolffhügel, in der Zeitschr. f. Biol. 11 Bd. und im Bericht über d. Verhöl. d. vom Stadt-
magistrat München niedergesetzten Kommission f. Wasserversorgung, Kanalisation und
Abfuhr, 1874 u. 1875.

Wolffhügel, Ueber die Verunreinigung des Bodens durch Straßsenkanäle und Abortgruben
1875 Viertelschr. f. d. Gesdhtspfl. 1872 u. 1876.

v. Fodor, im Gesundheitsingenieur 1883.

v. Fodor, Hygien. Unters. über Luft, Boden u. Wasser, 1882.

Baumeister, Städtisches Straßsenwesen u. Städtereinigung.

The sewage flow of Chiswick; Transact. of the Proceedings of the Inst. of Civ. Engineer,
London.

VII. Gefälle der Kanäle und Wassergeschwindigkeiten.

Unter Gefälle wird im Nachstehenden immer das relative Ge-
fälle ($\frac{h}{l}$ = Gefälle pro Längeneinheit) verstanden. Die richtige
Wahl desselben ist von großer gesundheitlicher Bedeu-
tung.

Nach den für (sekundliche) Geschwindigkeit v und Menge Q des
abfließenden Kanalwassers geltenden Formeln:

$$v = c \sqrt{GJ}; \quad Q = Fv.$$

und Schwemmkraft S der Kanäle:

$$S = \frac{Q}{g} \cdot \frac{v^2}{2} = \frac{Fv^3}{2g},$$

worin c einen von der Beschaffenheit der Kanalwandungen abhängigen
Koëffizienten, G das Kanalsohlen-Gefälle, J den sogen. hydraulischen
Radius = $\frac{\text{Wasserquerschnitt}}{\text{Benetzter Umfang}}$, F den Wasserquerschnitt und g die
Erdacceleration bezeichnen, sind v , Q und S von G in der Weise ab-
hängig, daß, je größer G , um so mehr v , Q und S wachsen*).

Im allgemeinen ist dies günstig, aber doch nur bis zu einer gewissen

*) Vielfach wird der Koëffizient c in der ersten Formel in allen Fällen = 50 ge-
setzt, was indessen oft zu Unrichtigkeiten führt, da bei sehr glatten Wänden dieser Wert
zu geringe, bei sehr rauen zu große Werte von v liefert. Außer mit der Wandbeschaffen-
heit wechselt der Koëffizient c sowohl mit dem hydraulischen Radius J als mit dem Ge-
fälle G und muß auch deshalb veränderlich angenommen werden. Kutter hat für
 c die Gleichung aufgestellt:

$$c = \frac{100 \sqrt{J}}{b + \sqrt{J}}$$

worin b den Rauheitszustand der Kanalwand darstellt, der zwischen 0,12 und 0,72 wech-
selnd anzunehmen sei und näher bestimmt ist:

für Kanalwände mit Cementputz	$b = 0,12-0,15$
„ Wände aus Ziegeln oder bearbeiteten Quadern	$b = 0,20-0,27$
„ „ „ Bruchsteinen	$b = 0,36-0,72$

Der Abhängigkeit von c von der Geschwindigkeit v trägt auch die Kutter'sche Formel
keine Rechnung.

Uebrigens läßt die Formel für v den Einwand offen, daß dieselbe keine Rücksicht
darauf nimmt, daß zufließendes Regenwasser mit einer (meist großen) Geschwindigkeit v_0
in den Kanälen eintrifft; doch kann hierüber weggegangen werden, weil dieser Mangel der
Sicherheit für ausreichende Vorflut zu Statten kommt.

oberen Grenze. Denn die Kanalwasser sind ein Gemisch aus Wasser mit mehr oder weniger groben, festen Stoffen von wechselndem spezifischem Gewicht und auch sehr stark wechselnder Form. Auf der Kanalsohle soll nichts von diesen Stoffen liegen bleiben, an den Kanalwänden nichts festgehalten werden. In einem Wasserquerschnitt von solcher Größe, daß auch die größten von den beigemischten Teilen ganz eintauchen, d. h. die Kanalfassung nirgends berühren, wird bei ausreichender Geschwindigkeit v diese Forderung erfüllt sein, bei darunter bleibender nicht, indem die schweren Stoffe zu Boden sinken. Bei kleineren Geschwindigkeiten werden aber auch spezifisch leichtere Stoffe und schwerere von sperriger Form langsam immer tiefer unter Wasserspiegel geraten und schließlich ebenfalls die Kanalsohle erreichen.

Man kann die in Abwassern vorkommenden Schwebestoffe nach ihrem Verhalten in fließendem Wasser etwa, wie folgt, einteilen:

- a) Schwimmende (wohin z. B. Papier, Stroh, Haare, Reste von Gemüsen u. s. w. gehören).
- b) Leichter Schlamm, der bei Geschwindigkeiten von 150 bis 300 mm schwimmend bleibt, bei kleineren sich niederschlägt.
- c) Feiner Sand, der bei Geschwindigkeiten von 300 mm an mit fortgeführt wird, bei kleineren zu Boden sinkt.
- d) Gröberer Sand u. s. w., der zur Mitführung 300—600 mm Geschwindigkeit bedarf.

Der Niederschlag von Sand erfolgt rasch bei der Geschwindigkeit von 150 mm; der Niederschlag wird sehr stark, wenn die Geschwindigkeit nur 2—3 mm beträgt.

Je größer die Geschwindigkeit, um so kleiner wird (für gleiche Wassermengen) der zur Abführung notwendige Wasserquerschnitt F . Er kann, wenn das Wasser in mehr breiter als tiefer Schicht fließt, von so geringer Tiefe sein, daß grobe Beimengungen die Kanalsohle berühren, oder auch aus dem Wasserspiegel so weit hervortreten, daß sie vom Wasser nicht mehr fortführbar sind. Danach sind Gefälle, die über eine gewisse obere Grenze hinausgehen, unzulässig und da, wo man etwa aus Rücksicht auf das Längengefälle einer Straße zu solchen gelangt, durch Einlegen von Abstürzen (Kaskaden), die der Wasserstrom jedoch sanft herabgleitend passieren muß, zu ermäßigen.

Auch Rücksichten auf die sichere Begehbarkeit von Kanälen mit großem Querschnitt können die Einhaltung einer oberen Grenze des Kanalgefälles fordern. Erfahrungsmäßig ist das Gehen der Arbeiter im fließenden Wasser bei Gefällen von etwa $\frac{1}{33}$ erschwert, bei Gefällen von $\frac{1}{20}$ stark erschwert, bei Gefällen von $\frac{1}{15}$ in längeren Strecken kaum noch möglich, weshalb, wenn letztere Gefälle nicht vermeidbar sind, über dem Wasserspiel Bankets für die Bewegung der Arbeiter angelegt werden müssen.

Weiter ist zu beachten, daß im Interesse der Erhaltung einer möglichst guten Beschaffenheit der Kanalluft das zeitweilige Trockenwerden einer Kanalstrecke sehr zu scheuen ist, weil dabei faulende Teile an die Kanalwand antrocknen und event. verstauben können.

Endlich muß bedacht werden, daß bei starken Gefällen bezw. Wasser-

geschwindigkeiten, infolge der Reibungswirkung der Sinkstoffe, die Kanalsohlen einen starken Angriff auszuhalten haben.

Bei (engen) Rohrkanälen, die nur unvollkommen revisionsfähig sind, und bei denen man von der Rücksicht auf Begehbarkeit frei ist, wird man das Gefälle so wählen müssen, daß Geschwindigkeiten entstehen, bei denen alle Sinkstoffe mit Sicherheit fortgeführt werden. Nach dieser Rücksicht bemessen, sind Geschwindigkeiten von

0,9—1,1 m	für enge Rohrkanäle,
0,7—0,9 m	„ mittelgroße Rohrkanäle,
0,5—0,7 m	„ besteigbare Kanäle

als passende anzusehen, unbeschadet anderweiter Festsetzungen in besonderen Fällen, z. B. da, wo von makadamisierten oder schlecht gereinigten Straßen viel Sand in die Kanäle gelangt, wie auch andererseits da, wo die aufzunehmenden Schwebestoffe so geartet sind, daß sie nur außerordentlich schwer zu Boden sinken.

Die oben angegebenen, normalen Geschwindigkeiten vertragen da Ermäßigungen, wo durch gute Auffangvorrichtungen die gröberen Stoffe von dem Eintritt in die Kanäle abgehalten werden, oder wo für öftere, wirksame Spülung der Kanäle gesorgt wird.

Die normalen Geschwindigkeiten sollten auch bei nicht normaler Wasserführung der Kanäle, beim Minimum — welches nächtlich in den Stunden des kleinsten Wasserverbrauchs stattfindet — bestehen. Dies findet aber selten statt; es wird dann darauf gerechnet, daß der bald nachfolgende stärkere Strom die inzwischen etwa stattgefundenen Ablagerungen wieder mit fortnimmt. Bei ausreichendem Gefälle, als welche etwa folgende gelten können, geschieht dies auch:

in Hausanschlüssen	von $\frac{1}{40}$ — $\frac{1}{100}$
„ engen Straßenrohren	„ $\frac{1}{100}$ — $\frac{1}{150}$
„ weiteren „	„ $\frac{1}{150}$ — $\frac{1}{200}$

Die Rohre müssen aber recht glattwandig, einigermaßen genau in der Form und gut verlegt sein.

Wo reichliche Spülung mit „fremdem“ Wasser möglich ist, darf man mit dem Gefälle von Straßenrohren, wenn dieselben Weiten von 25 cm und darüber besitzen, bis auf $\frac{1}{400}$, sogar bis auf $\frac{1}{500}$ herabgehen; bei besteigbaren Kanälen werden Gefälle von nur $\frac{1}{1500}$ bis $\frac{1}{2500}$ angetroffen. Sie genügen auch, wenn solche Kanäle dauernd Wasser führen und die Gefahr des Leerlaufens ausgeschlossen ist. Wo ebene Beschaffenheit des Geländes oder hoher Grundwasserstand zur äußersten Einschränkung des Gefälles nötigen, kann man, wenn Spülwasser in unbegrenzter Menge zu Gebote steht, auch Leitungen ganz ohne Sohlengefälle anlegen, wie derartige Anlagen z. B. in Küstenorten mit geringer Erhebung über den Seespiegel unvermeidlich sind.

In Kanälen ohne Sohlengefälle muß sich die zum Fortbewegen des Wassers nötige hydrostatische Druckhöhe im Wasserspiegel selbsttätig ausbilden, der daher eine abfallende, auf dem Wege der Rechnung ungefähr bestimmbare Linien bilden wird. In den Kanälen, welche Sohlengefälle besitzen, wird die Spiegellinie nur selten parallel zur Sohlenlinie verlaufen, vielmehr in der Regel davon mehr oder weniger abweichen. Die Kenntnis der Spiegellinie ist aber von großer Wichtigkeit, insofern nur daraus die Höhenlage der Regenüberfall-

Schwellen, sowie der Anschlüsse von Seitenkanälen (auch Hausleitungen) richtig bestimmt werden kann. Kennt man die Spiegellage in einem Stücke der Leitung, oder hat man dieselbe entsprechend den örtlichen Umständen und der Wasserführung festgelegt, so wird danach, umgekehrt, das Sohlengefälle in dieser Leitung festzulegen sein *).

Für die Festsetzung der Spiegellage sind immer gegeben (bezw. zu wählen): der tiefste sowohl als der höchste Punkt des Kanalnetzes, gewöhnlich auch mehrere Zwischenpunkte, welche für die Anlage von Regenüberfällen in Betracht kommen. Aus diesen Bestandteilen sind sowohl die absoluten als die relativen Spiegelgefälle der betreffenden Kanalstrecken festzulegen. Besteht darin einige Freiheit, so wird man den unteren Kanalstrecken wegen ihrer stärkeren Wasserführung und wegen der Möglichkeit wirksamer Spülung geringere, den oberen Strecken, wo beide angeführten Momente vielleicht entfallen, stärkere Gefälle geben, sodaß für den betreffenden Zug der Wasserspiegel die Form einer konkaven Linie annimmt. Das oberste Ende des Zuges und alle Abzweigungen vom Stammkanal oder Stammrohr erhalten größere, die Abzweigungen geringster Weite, die Hausanschlüsse, die größten Gefälle. Dem von Brix gemachten Vorschlage: das größere Gefälle für die Hauptkanäle, das kleinere für die Nebenkanäle (Rohrkanäle) zu verwenden, kann nicht zugestimmt werden, weil für die Mitführung der Sinkstoffe in Rohrkanälen der Geschwindigkeit eine größere Bedeutung als dem Wasserquerschnitt beigelegt werden muß. Auch sprechen Verstopfungsgefahren und verringerte Zugänglichkeit der Nebenkanäle für das größere Gefälle derselben und es fällt dem gegenüber eine gewisse Ersparnis an dem Querschnitt und den Kosten der Hauptkanäle nur wenig in's Gewicht.

Wenn das zur Verfügung stehende — absolute — Gefälle klein ist, kann man den oberen Ausläufern des Kanalnetzes ein möglichst großes Stück davon in der Weise zuteilen, daß man den besteigbaren Hauptkanal nach oben hin in das Entwässerungsgebiet weiter verlängert, als es der Wasserführung wegen erforderlich ist. Bei nicht zureichendem Erfolg dieses Mittels bleibt nur noch der Weg übrig, Ersatz für das mangelhafte Gefälle der oberen Ausläufer in wirksamen Spüleinrichtungen zu schaffen. —

Es ersieht sich aus dem Vorstehenden, daß für die Festsetzung des Gefälles einer Kanalisation bestimmten Zahlen, wie den oben mitgeteilten und anderweiten, keine besondere Bedeutung beizulegen ist, vielmehr die Gefällefestsetzungen fast regelmäßig das wechselnde Endergebnis einer Reihe von Erwägungen wirtschaftlicher, technischer und gesundheitlicher Natur sein werden. Aus solchen Umständen erklärt es sich, daß die sonst gut begründete Forderung, daß die Geschwindigkeit an allen Stellen des Kanalnetzes so beschaffen sei, daß nicht Ablagerungen entstehen, als selten erreichbares Ideal erscheint, dem man sich nur mehr oder weniger nähern kann.

Ein Urteil darüber, was bei ungleichen Geschwindigkeiten an verschiedenen Stellen die einzelnen Strecken eines Kanalnetzes mit Bezug auf die Fortführung von Sinkstoffen leisten, würde man aus der Formel für die Schwemmkraft S (S. 190) erhalten können. Doch ist dies Urteil

*) Im Radialsystem der Kanalisation von Berlin wechselt das Spiegelgefälle in den Hauptsammlern zwischen 1:1947 und 1:2893.

nur ein ungefähres, weil die Abflußverhältnisse bei Städtekanalisationen nicht genügend einfach sind, um von jener Form zuverlässige Aufschlüsse erwarten zu können.

- 1) Franzius u. Sonne, *Handbuch der Ingen.-Wissensch.* 3. Bd.
- 2) Hobrecht, *Die Kanalisation von Berlin*, 1884.
- 3) Behring, *Die Bekämpfung der Infektionskrankheiten*, 1894.

VIII. Kanalprofile.

1. Profilform.

Form und Größe der Kanalprofile sind sowohl vom gesundheitlichen als wirtschaftlichen und technischen Standpunkte aus von Bedeutung.

Die Form wird zunächst in etwas beeinflusst von der Tiefenlage der Kanäle. Tief liegende Kanäle werden durch das Gewicht der überlagernden Bodenschicht stark belastet, flach liegende mehr durch das Gewicht darübergehender großer Einzellasten, welche auch stoßweise wirken. In relativ günstiger Lage befinden sich daher mit Bezug auf die Belastung die in mittlerer Tiefe (2—3 m) liegenden Kanäle, die daher im allgemeinen mit geringeren Stärken sowohl als die sehr tief, wie auch die sehr flach liegenden Kanäle hergestellt werden können.

Kanäle, die in der unmittelbaren Nähe von Wasserläufen liegen, müssen mehr breite als hohe Form erhalten, teils wegen der Veränderung des äußeren Druckes, dem sie gelegentlich unterstehen, teils auch weil die mehr breite Form die Anlage von Regenüberfällen an solchen Kanalstrecken begünstigen kann.

Vorwiegend wird die Profilform von Entwässerungsleitungen durch den Wechsel, der im zeitlichen Füllungszustande derselben stattfindet, bestimmt. Hierüber ist das Nähere oben unter III. und V. mitgeteilt. Mitbestimmend wirkt aber auch der Gehalt der Kanalwasser an Sinkstoffen. Um bei zeitweilig geringer Wasserführung der Kanäle, wo die Wasser zugleich am stärksten mit Sinkstoffen beladen sind, die Fortführung letzterer möglichst zu befördern, muß das Wasser im Kanal zusammengehalten werden, d. h. das Profil desselben so beschaffen sein, daß der Wasserquerschnitt F im Vergleich zum benetzten Umfangstück des Kanals (der sogen. hydraulische Radius J) möglichst groß sei. Um dies zu erreichen, muß der Wasserquerschnitt mehr tief als breit sein, der Kanal also im unteren Teil zusammengezogen werden.

Die Zusammenhaltung des Wassers wird am besten in einem unten spitz zulaufenden (Keil-)Profil, danach im sogen. Eiprofil oder auch in einem elliptischen Profil und nur wenig gut im Kreisprofil verwirklicht. — Die Eiprofilform ist die am häufigsten vorkommende.

Oft angewendete Eiprofilformen stellen die Fig. 5 (S. 186) und Fig. 7 (S. 195) dar; ersteres Profil ist mit sogen. Ueberhöhung hergestellt. Beide Formen sind insofern unbequem, als beim Begehen der Kanäle die Arbeiter im Wasser waten müssen. Dies wird vermieden, wenn man das Profil nach Fig. 8 (S. 195) mit einem Bankett nahe über der Sohle gestaltet. Bequemer wird die Begehbarkeit bei symmetrischer Profilform, d. h. der Anlage von zwei Banketten. Die Höhenlage der Banketts ist durch die Bedingung bestimmt, daß der unterhalb derselben liegende Profiltail

groß genug sein muß, um für die Abführung des Kleinwassers auszureichen.

Eine gute Anpassung, auch an wechselnde Kleinwassermengen, und eine einigermaßen bequeme Begehbarkeit des Kanals ist in dem Profil Fig. 9 (von der Charlottenburger Kanalisation entnommen) verwirklicht. Die Sinkstoffe rutschen von den schrägen Sohlflächen ab und werden auf solche Weise immerwährend ins tiefste Wasser geführt. Der Abfluß des Kleinwassers und die Sauberkeit der Kanalsohle werden dadurch gefördert, daß die tiefste Stelle der Sohle aus zwei glasierten Fliesen gebildet ist. Dies Profil ist aber gegen das Eiprofil durch einen größeren Mauerwerksaufwand im Nachteil.

Noch andere Profile, welche den Anforderungen konstruktiver Sicherheit gegen äußeren Druck besondere Rechnung tragen, daneben bequeme Begehung des Kanals und Raum zur Unterbringung von Leitungen (für Gas, Wasser u. s. w.) im Kanal gewähren, sind in den Fig. 10 und 11 dargestellt. —

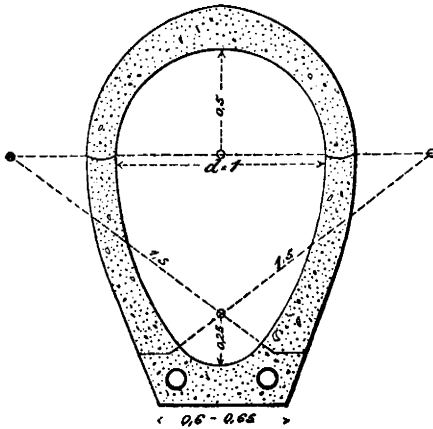


Fig. 7.

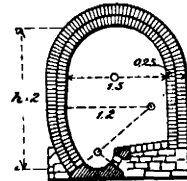


Fig. 8.

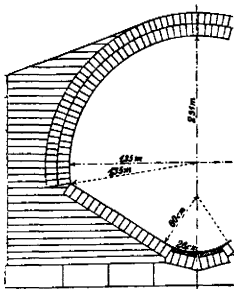


Fig. 9.

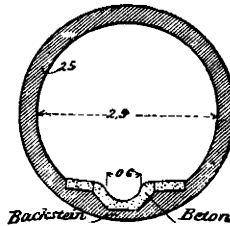


Fig. 10

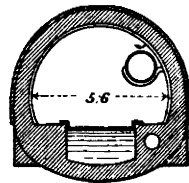


Fig. 11.

Fig. 7. Eiprofil.

Fig. 8. Eiprofil mit Bankett.

Fig. 9. Charlottenburger Eiprofil.

Fig. 10. Profil mit Banketts.

Fig. 11. Wie Fig. 10, aber auch zur Aufnahme von Leitungen geeignet

In welchem Maße der Wasserabfluß eines Kanals durch die Profilform bestimmt wird, ist aus folgenden Rechnungsangaben ersichtlich, in denen d die Kanalweite, G das Sohlengefälle bezeichnen. (Ueber die Bedeutung der übrigen Zeichen vergl. S. 190.)

Beziehungen zwischen der Kanalform und der Leitungsfähigkeit von Kanälen von Kreis- und Eiform.

	Füllungsgrad (Kämpfer- bzw. Scheitelhöhe)	Kreisprofil	Eiprofil, nach dem Typus Fig. 7
Querschnitt F	$\left\{ \begin{array}{l} \text{ganz} \\ \text{halb} \end{array} \right.$	$0,785 d^2$ $0,393 d^2$	$1,149 d^2$ $0,756 d^2$
Umfang P	$\left\{ \begin{array}{l} \text{ganz} \\ \text{halb} \end{array} \right.$	$3,142 d$ $1,571 d$	$3,965 d$ $2,394 d$
Hydraul. Radius J	$\left\{ \begin{array}{l} \text{ganz} \\ \text{halb} \end{array} \right.$	$0,250 d$ $0,250 d$	$0,290 d$ $0,320 d$
Geschwindigkeit v	$\left\{ \begin{array}{l} \text{ganz} \\ \text{halb} \end{array} \right.$	$0,50 c \sqrt{dG}$ $0,50 c \sqrt{dG}$	$0,538 c \sqrt{dG}$ $0,566 c \sqrt{dG}$
Abflußmenge Q	$\left\{ \begin{array}{l} \text{ganz} \\ \text{halb} \end{array} \right.$	$0,393 c \sqrt{d^5 G}$ $0,196 c \sqrt{d^5 G}$	$0,618 c \sqrt{d^5 G}$ $0,428 c \sqrt{d^5 G}$

Der große Vorzug des Eiprofils erweist sich darin, daß während:

$$\frac{\text{Umfang des Eiprofils}}{\text{Umfang des Kreisprofils}} = \frac{3,965}{3,142} = 1,26$$

und ähnlich so die Baukosten solcher Kanäle sich verhalten, Füllung bis Kämpferhöhe vorausgesetzt, die:

$$\frac{\text{Abflußmenge beim Eiprofil}}{\text{Abflußmenge beim Kreisprofil}} = \frac{0,428}{0,196} = 2,18$$

ist, wonach also das Eiprofil bei gleichem Füllungszustande mehr als doppelt so viel Wasser abführt als das Kreisprofil. Um etwa 60 Proz. ungünstiger wird dies Verhältnis bei ganz gefülltem Profil, nämlich:

$$\frac{0,618}{0,393} = 1,57.$$

Seinen Hauptvorteil besitzt jedoch das Eiprofil in der viel größeren Wassergeschwindigkeit (v) bei kleinen und kleinsten Wassermengen, indem bei diesen der hydraulische Radius (J) größer als beim Kreisprofil ist (0,29 gegen 0,25 bzw. 0,32 gegen 0,25). Es würde danach vorteilhaft sein, das Eiprofil für alle Kanalweiten, auch die kleinsten, anzuwenden. Aus welchen Gründen dies nicht geschieht, ist weiterhin unter XI. erörtert.

Die Besonderheiten der Profilformen von Regenüberfällen und im Grundwasser liegenden Kanälen sind unter IV. und VI. besprochen worden.

2. Profilgröße.

Nach der Größe des Kanalprofils werden zunächst besteigbare (bzw. schlupfbare) Kanäle von unbesteigbaren unterschieden. Damit ein Arbeiter einen Kanal gehend passieren könne, muß derselbe eine Kleinsthöhe von 1 m haben; nur zur Not genügen 0,95 m. Die Weite kann event. bis auf etwa 0,7 der Höhe herabgemindert werden; etwas größere Weiten sind jedoch besser.

Eine fernere Unterscheidung ist die in Haupt- und Nebenkanäle, wofür aber die Bezeichnungen Sammler, Hauptsammler und Zweigkanäle oder Zweigleitungen gebräuchlicher geworden ist. Zweigleitungen nehmen nur Hausanschlüsse auf, münden in „Sammler“, und wenn das Wasser mehrerer Sammler (bezw. auch von Zweigleitungen) in einem Kanal vereinigt wird, so heißt dieser „Hauptsammler“. Die hier berührte Unterscheidung ist daher weniger auf die Größe (Weite) der Kanäle als auf den Rang, den die einzelnen Teile der Leitung im Kanalnetz einnehmen, begründet.

In mehreren Städten (z. B. Hamburg, Marburg, Linz, London u. s. w.) hat man im Interesse der Möglichkeit jederzeitiger unmittelbarer Revisionsfähigkeit der Kanäle ausschließlich besteigbare Straßenkanäle zugelassen. Vereinzelt ist selbst Besteigbarkeit für die Hausanschlüsse gefordert worden. Solche Anforderungen machen die Anlagen sehr kostspielig; es kann der angestrebte Zweck der steten Funktionsfähigkeit der Kanäle auch durch Spülung und Gebrauch besonderer Werkzeuge zum Reinigen enger Leitungen auf weniger kostspielige Weise erreicht werden. Besteigbare Kanäle werden aber oft an Stelle ausreichender unbesteigbarer aus dem Grunde angelegt, um an Gefälle zu sparen; es kommt aber auch vor, daß dafür ein zuweilen nur geringer Mehraufwand an Kosten maßgebend ist. Bei den Rohrkanälen kleinen Kalibers können die Erdarbeitskosten 50 Proz. der Gesamtkosten erreichen; es macht daher in den Kosten keinen großen Unterschied, ob man in den Kanalweiten ein wenig über den Bedarf an Profilweite hinausgeht oder nicht. Darin beruht es, daß man bei einer gewissen Weite der unbesteigbaren Rohrkanäle zu den größeren hinüber einen Sprung macht, indem man von da an unvermittelt zur Kleinstweite besteigbarer Kanäle übergeht. Weiten, die zwischen einer oberen Grenze der unbesteigbaren Kanäle und einer unteren Grenze der besteigbaren liegen, werden nur sehr selten hergestellt. Ein noch fernerer Grund für den Uebergang zu besteigbaren Kanälen besteht darin, daß für den Bau solcher an Stelle enger, unbesteigbarer, die Haltbarkeit von Thonrohrkanälen bei Ueberschreitung gewisser Weiten unsicher wird und die Ausführung gemauerter Kanäle dieser geringen Weiten umständlich, daher teuer ist, auch leicht mangelhafte Arbeit ergibt.

Die Grenze, von der ab glasierte Thonrohre wegen ihrer möglichen Unsicherheit nur selten verwendet werden, ist in den verschiedenen Orten nicht übereinstimmend. Bei der Berliner Kanalisation hat man 48 cm Weite als obere Grenze angenommen, doch ausnahmsweise noch Rohrweiten bis 63 cm zugelassen; ähnlich ist die Grenze an anderen Orten festgelegt worden. Es spricht hierbei teilweise die Beschaffenheit der Rohre (Wandstärke, Schärfe des Brandes), teils die Bodenbeschaffenheit mit. Dünnwandige und scharf gebrannte Rohre zerspringen unter äußerem Druck, und in sog. unreinem Boden findet auch leicht infolge der Bodenbeschaffenheit Zerstörung statt, wenn die Zufüllung der Baugruben nicht sehr sorgfältig geschieht. Die anfängliche Lagerung des Bodens ist dann nicht fest genug um zu verhindern, daß später nach großen Regenfällen u. s. w. plötzlich Sackungen oder Verschiebungen eintreten, bei denen die Rohre durch äußeren Druck zerstört werden. In reinem Sandboden, der beim Einfüllen eingeschlämmt wird, ist die Gefahr des Bruches von Thonrohren am geringsten.

Rohre von kleinerem Durchmesser sind der Gefahr von Verstopfungen durch Hineingeraten größerer Gegenstände ausgesetzt, die

an Rauheiten der Wände, kleinen Vorsprüngen an den Stößen u. s. w. hängen bleiben.

Durch besondere Beschaffenheit der Schwebestoffe des Wassers (Fett, Seife, Leim u. s. w., welche sich an dem Rohrrand festsetzen) kann der Durchmesser von Rohren selbst größerer Weite sich nach und nach verengen und alsdann bei denselben die Gefahr sowohl des plötzlichen als des allmählichen Aufhörens des Abflusses — letzteres bei mangelhafter Reinhaltung — entstehen. Deshalb ist es unzulässig, Rohre unter einer gewissen Weite zu verwenden, auch wenn dieselben für den Zweck der Wasserführung noch ausreichend sind.

Für Hausentwässerungen werden zuweilen 10 cm als unterste Grenze angegeben. Für Abführung vom bloßem Regenwasser kann diese Weite genügen; die Erfahrung lehrt aber, daß dabei an Stellen, wo Richtungs- oder Gefällewechsel vorkommen, oder wo Zweigleitungen anschließen, leicht Stockungen stattfinden. Daher ist es zu empfehlen, für derartige Leitungen kleinere Weiten als 12,5 cm nicht zuzulassen. Nur da, wo für häufige und reichliche Spülung gesorgt ist oder wo die Rohre klares Wasser (Regenwasser, Kondensationswasser u. s. w.) abzuführen haben, mag man die Weite von nur 10 cm anwenden. Für Straßenrohre ist diese Weite immer ungenügend; hier sollte man nicht unter 20 cm hinabgehen; in Berlin werden als Mindestweite von Straßenrohren 21 cm gefordert. —

Ist die Wassermenge Q bekannt, das Kanalgefälle und eine angemessene Geschwindigkeit festgesetzt, so folgt die erforderliche Profilgröße des Kanals aus der Bedingung: $F = \frac{Q}{v}$. Aber auch

wenn Q thunlichst genau ermittelt ist, bleiben hinsichtlich des zur Abführung notwendigen Querschnitts des Kanals doch gewisse Zweifel bestehen. Abgesehen von zufälligen Umständen, z. B. daß zeitweilig in einzelnen Leitungsstrecken ein Teil des Kanalprofils durch Aufstau gefüllt werden kann, fragt es sich nämlich: ob man die Profilgröße so bestimmen soll, daß der Kanal bei der maximalen Wassermenge ganz oder nur zum Teil gefüllt ist. Hierbei kommt mancherlei in Betracht. Bei ganzer Füllung würde alle Luft in dem Maße, als der Wasserspiegel steigt, aus dem Kanal verdrängt und durch die offenstehenden Auswege: Schächte, Hausanschlüsse, Regenrohre, entweichen. Sind der entweichenden Luft die Wege genau vorgezeichnet, so ist der Vorgang ohne Bedeutung; anders jedoch, wenn die Kanalgase Unrechtwege einschlagen. Vielfach hat man Schutz dagegen in der Weise angestrebt, daß man den Kanälen ein gewisses Plus an Profilgröße gab. Man ist darin so weit gegangen, daß der Kanal durch die maximale Wassermenge nur bis Kämpferhöhe (Gewölbeanfänge) gefüllt ward. Eine solche Vergrößerung ist jedoch nicht ausreichend begründbar, weil dabei außeracht gelassen wird, daß die günstigsten Abflußverhältnisse eines Kanals nicht bei der Füllung bis Kämpferhöhe, sondern bei einem anderen, höherer liegendem Füllungszustande stattfinden. Dieselben ergeben sich für den Maximalwert des hydraulischen Radius (J), und dieser findet beim Kreisprofil statt, wenn dasselbe auf etwa 83 Proz. seiner Höhe, und beim Eiprofil (des Typus Fig. 8, S. 195), wenn dasselbe bis 85 Proz. seiner Höhe gefüllt ist. Danach führt das Kreisprofil, gleich wie das Eiprofil, bei voller Füllung geringere Wassermengen als bei etwas weniger hoher Füllung ab, und beide liefern gleich große Wassermengen, einerlei, ob das Kreisprofil nur zu 81

Proz. oder ganz, das Eiprofil nur zu 86 Proz. oder gleichfalls ganz gefüllt ist. Die maximalen Wasserführungen aber finden bei der Füllung des Kreisprofils auf 91 und bei der Füllung des Eiprofils auf 94 Proz. seines Inhalts statt und werden dabei 8, bzw. 6. Proz. mehr Wasser abgeführt als bei ganzer Füllung der Profile. Hier- nach ist es das Richtige, das Kanalprofil so zu bemessen, daß dasselbe die obigen Maxima der Wasserführung entsprechende Größe erhält, wobei noch immer ein gewisser, freilich kleiner Teil des Profils (9 bzw. 6 Proz.) wasserfrei und daher mit Luft erfüllt bleibt. Diese Bestimmungsweise hat außer Kostenverminderung den Vorteil, daß nicht große Teile der Kanalwand beständig trocken liegen und Gelegen- heit zum Anhängen von Schmutzteilen bieten. Sicherheit dafür, daß jener kleine Profileil nicht gelegentlich für die Wasserführung in An- spruch genommen wird, läßt sich in der Weise schaffen, daß man die Schwelle der Regenüberfälle in Höhe des zweckmäßigsten Füllungs- zustandes oder noch ein wenig tiefer legt. Anderswo mag eine kleine Profilüberhöhung ausgeführt werden (vergl. Fig. 5, S. 186); beide Mittel sind vergleichsweise rationell.

Wo an der Sohle des großen Profils ein besonderer Abschnitt für Kleinwasserführung gebildet wird, ist dessen Inhalt für die durchschnitt- liche Brauchwassermenge zu bemessen.

Franzius u. Sonne, Handb. d. Ingenieurwissensch. 3. Bd.

Baumeister, Städtisches Straßewesen u. Städtereinigung, 1893.

Bestimmung der Querschn. von Entwässerungskanälen, in der Zeitschr. d. Archit.- u. Ingen.- Ver. zu Hannover 1875.

Die Kanalprofile in der neuen Avenue de l'Opéra in Paris, in Nouv. Annal. de la constr. 1877. Ueber den Querschnitt gemauerter Kanäle im Wochenbl. f. Archit. u. Ingen. 1884.

IX. Generelle Anordnung des Kanalnetzes.

1. Allgemeine Rücksichten.

Entwässerungsanlagen einer Stadt lassen sich nur als sogen. öffent- liche Einrichtung denken, weil bei denselben ein Ertrag, der sie zum Gegenstande privater Unternehmungen machen könnte, fehlt; schon des- halb sind Führungen der Kanäle über anderen als öffentlichen Grund einigermaßen ausgeschlossen. Führung über Privatgrundstücke sollten auch aus dem Grunde niemals stattfinden, weil dabei eine ausreichende Beaufsichtigung und Inbetriebhaltung, welche gegen mißbräuchliche Be- nutzungen der Kanäle Sicherheit bieten könnte, schwer möglich ist. Besonders bei Führung der Kanäle durch sogen. geschlossene Baublocke wird stets mit verbotenen Einleitungen, ungehörigem Ein- werfen von lästigen Gegenständen u. s. w. und mißbräuchlicher Benutzung aller erdenklichen Arten gerechnet werden müssen.

Was die äußere Begrenzung eines Entwässerungsgebiets be- trifft, wenn dafür ein gewisser Spielraum vorhanden ist, so sollte in der Regel die Oberflächenbeschaffenheit des Geländes be- stimmend sein.

Es ist bei der Planverfassung dasjenige ganze Gelände zu be- rücksichtigen, welches seiner Oberflächengestalt nach ein Ganzes bildet, wenn die Möglichkeit besteht, daß spätere Erweiterungen des gegenwärtigen Stadtgebiets stattfinden, die den Grenzen dieses Gebiets

sich nähern könnten. Aber auch wenn letzteres nicht zu erwarten, vielmehr die Außenterrains dauernd anderen Gemeinden zugehören werden, ist es im Interesse der Allgemeinheit immer gut gethan, die Grundzüge des Entwässerungsplanes für den weitesten Umfang festzulegen, weil ein solches Verfahren unter allen Umständen den Interessen der öffentlichen Gesundheitspflege dient, aber auch anderen kommunalen Interessen in hohem Grade dienlich sein kann. Wo Entwässerungspläne keine Rücksicht auf in der Zukunft liegende Möglichkeiten nehmen, kann das spätere Eintreten solcher große gesundheitliche und wirtschaftliche Schäden mit sich bringen, weil bei jeder Entwässerungsanlage die Oberflächengestalt des Gebiets den größten Einfluß insofern übt, als die Kanäle Gefälle erhalten müssen.

Die allgemeine Richtung der Kanäle ist durch das Straßennetz bestimmt. Auch in noch engerem Sinne ist die Gestalt des Straßennetzes insofern maßgebend, als die Kanäle größerer Weite, die Stämme des Netzes, wegen der erforderlichen Breite der Baugruben nur in Straßen von entsprechender Breite verlegt werden können, und als ferner jene möglichst in Straßenzügen zu verlegen sind, die in der Nähe eines offenen Gewässers vorbeiführen, damit sie leicht spülbar seien oder auch bequeme Gelegenheit zur Anlage von Regenüberfällen sich biete. Endlich ist das Straßennetz noch insofern bestimmend für die Richtung der Kanäle, als im Interesse von Ersparnissen an Baukosten und Gefällen dahin gestrebt werden muß, die Wege des Wassers — besonders die in den größeren kostspieligen Sammlern zurückgelegten — möglichst kurz zu machen; das kann häufig am besten durch Benutzung sogen. Diagonalstraßen erreicht werden.

Aus dem Vorstehenden folgt, daß, um ein Kanalnetz rationell anordnen zu können, entweder ein Bebauungs-(Straßen-)Plan des betr. Gebiets bereits bestehen, oder doch wenigstens in seinen Grundzügen vorher festgelegt werden muß.

Den Rücksichten auf die Gestaltung des Straßennetzes gesellen sich diejenigen auf offene, die Stadt durchziehende Wasserläufe als ebenbürtig hinzu.

Abgesehen von den vorstehend erwähnten Rücksichten muß die Richtung des Kanalnetzes im allgemeinen der Oberflächenbeschaffenheit des Geländes folgen. In Thälern mit einigermaßen steilen Hängen ist die Oberflächengestalt fast allein entscheidend, und ebenso, wenn es sich um Kesselform oder Hügelform des Entwässerungsgebietes handelt. In den beiden letzten Fällen wird die Ausführung der Hauptsammler als Ringkanäle angezeigt sein (vgl. hierzu die weiterhin folgende Fig. 12, Entwässerung von Köln, worin ein Stück Ringkanal angegeben ist). Bei unausgesprochenem Gelände besteht für die Disposition Spielraum, sodaß es möglich ist, noch anderweiten Rücksichten, z. B. solchen auf die Lage von Hauptrohren der Wasser-, Gas- und sonstigen -Leitungen im ganzen Umfange zu entsprechen.

Bei nicht stark ausgesprochener Muldenform des Entwässerungsgebietes steht es frei, den Kanälen entweder die Richtung senkrecht zur Thalsole hinab oder parallel derselben zu geben.

Je nachdem die eine oder andere Anordnung gewählt wird, entstehen allgemeine Dispositionen des Kanalnetzes, welche man als „System“ bezeichnet.

2. Abfangsystem.

In der Frühzeit der Entwässerungsanlagen, als die Abwasser noch regelmäßig unmittelbar an die Flüsse übergeben wurden, legte man die Kanäle, um die Abwasser auf kürzestem Wege los zu werden, möglichst senkrecht zur Thalachse an; so ergab sich das sogen. Perpendikularsystem. Das große Interesse der Reinhaltung der Flüsse hat bald dazu gezwungen, dieses System aufzugeben und sogar bestehende Anlagen durch Hinzufügung sogen. Abfangkanäle (Intercepting sewers), die parallel, nahe dem Flusse gelegt werden, mit großen Kosten

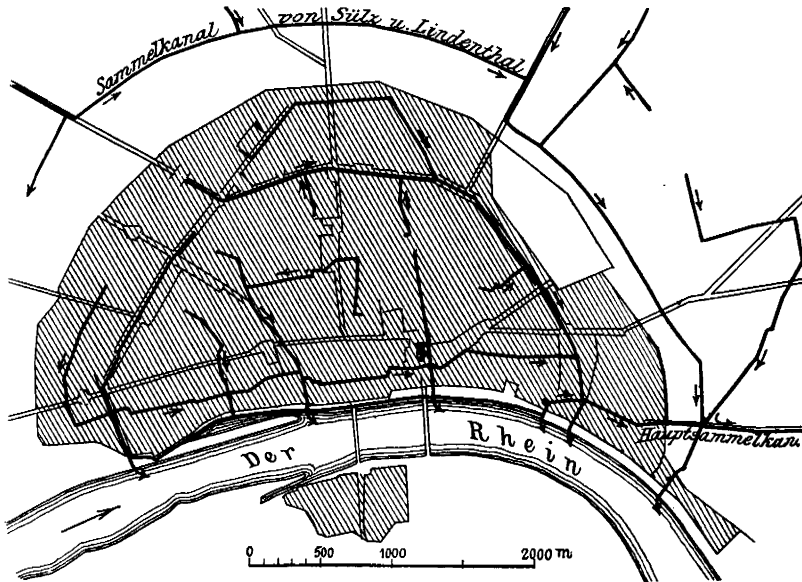


Fig. 12. Entwässerung von Köln (Abfangsystem).

abzuändern. Das bedeutendste Beispiel dieser Art bietet London; einiges darüber ist auf S. 118 mitgeteilt worden. Die Abfangkanäle sind bestimmt, alle zum Flußufer hinabgeführten Kanäle in sich aufzunehmen, sodaß diese Rohre von der Verbindung mit dem Flusse abgeschnitten werden. Vom Abfangkanal werden aber mehr oder weniger zahlreiche Regenüberfälle zum Fluß abgezweigt.

Ein besonders klares Bild einer Kanalisationsanlage mit Abfangkanal bietet die Kanalisation der Altstadt Köln, welches als Fig. 12 beigelegt ist.

3. Das Parallelsystem.

Das Parallelsystem kann als Weiterentwicklung des Abfangsystems betrachtet werden; in demselben erhalten die Hauptkanäle die Richtung ungefähr parallel der Thalachse. Sind die Thalhänge weniger steil als breit, so zerlegt man in ein unteres und ein oberes System mit besonderen Hauptsammlern für jedes, eventuell an beiden Thalseiten; doch

werden die Hauptsammler gewöhnlich nahe dem unteren Ende wieder zusammengeführt. Ein sehr ausgeprägtes Beispiel für das Parallelsystem bot der Gordon'sche Plan der Kanalisation von München, der jedoch unausgeführt geblieben ist. An jedem der beiden Isarufer waren zwei Parallelsysteme vorgesehen. Etwas weniger markant, doch noch hinreichend deutlich tritt die Anlage nach Parallelsystem in der Entwässerungsanlage von Frankfurt a. M., Fig. 13, hervor. Jede Uferseite bildet dort aber nur ein einziges System. — In Szegedin ist das Parallelsystem mit halbringförmiger Anordnung der Systeme durchgeführt; hier würde man — bezeichnender — das Wort Parallelsystem durch „Zonensystem“ ersetzen.

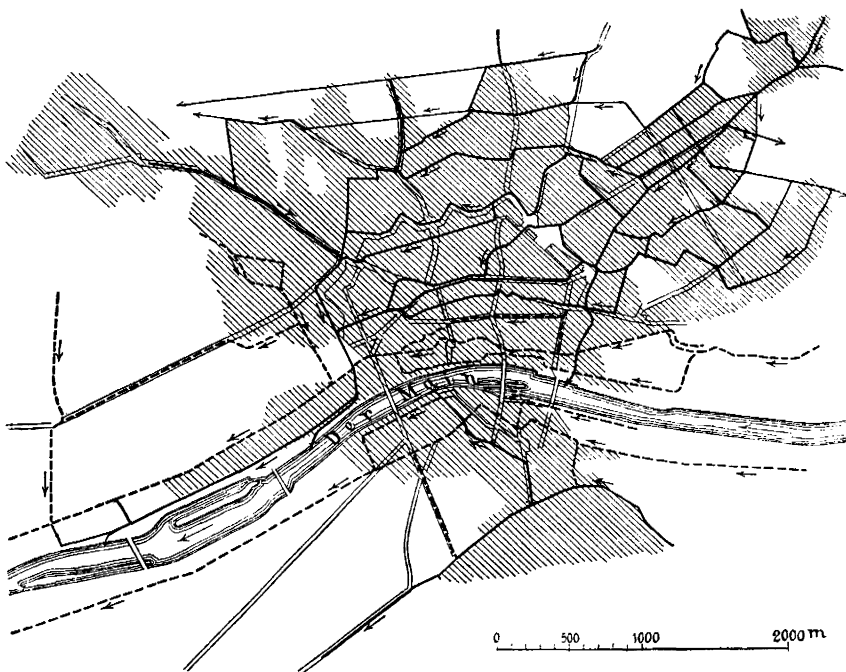


Fig. 13. Entwässerung von Frankfurt a/M. (Parallelsystem).

Gewöhnlich ist es angezeigt, zwischen den beiden Systemen einer und derselben Thalseite einige Verbindungen herzustellen, um die Wasser der Kanäle des oberen Systems für den Zweck der Spülung des unteren Systems nutzbar zu machen; in diesen Verbindungen werden dann selbstverständlich Verschlüsse angeordnet.

Das Parallelsystem besitzt den Vorzug, daß die Kanäle dem Thalgefälle im allgemeinen gut folgen, also billig in der Herstellung sind, und weiter, daß die Gesamtmenge der Abwasser leicht mittels eines oder mehrerer Hauptsammler des ganzen Gebiets an einem Punkte zusammengeführt wird. Letzterer Umstand kann aber auch unter Umständen ein Mangel des Systems sein, da an dieser einen Stelle die Gesamteinrichtungen zur Reinigung der Abwasser, ob dieselben nun in

Kläranlagen oder in Rieselfeldern bestehen, geschaffen werden müssen. Ist die Gelegenheit dazu günstig oder nur ausreichend, so handelt es sich um einen Vorzug, im gegenteiligen Falle um einen Nachteil des Parallelsystems, der groß genug sein kann, um zum Verlassen desselben zu nötigen.

Ein anderweiter Vorzug des Parallelsystems besteht darin, daß durch Stadterweiterungen, die am Außenrande des Gebiets parallel zum Fluß später etwa vorkommen, keine Störungen des bestehenden Zustandes sich ergeben, indem für diese Erweiterungen einfach neue Parallelkanäle hinzugefügt werden können. Dagegen können spätere Stadterweiterungen, die an der stromaufwärts gelegenen Stadtseite erfolgen, allerdings Aenderungen des bestehenden Entwässerungszustandes erforderlich machen.

4. Das Radialsystem.

Der zuletzt berührte Mangel des Parallelsystems trat beispielsweise in großer Schärfe bei dem danach entworfenen Wiebe'schen Plan für die Kanalisation Berlins hervor. Er nötigte zur Aufgabe desselben und zur Annahme des Radialsystems nach dem Plan von Hobrecht (vgl. auch S. 119).

Damit der Name Radialsystem zutreffend erscheine, müßte das Entwässerungsgebiet in eine Anzahl Sektoren zerlegt werden, deren jeder ein besonderes, von dem anderen unabhängiges Kanalnetz erhält. Indem aber die Grenzen zwischen den Teilstücken des Gebiets der Gestalt der Stadt, der Oberflächenbeschaffenheit, etwaigen Wasserläufen u. s. w. anzubequemen sind, so ergeben sich keine regelmäßigen Formen derselben und meist nicht einmal Sektorenformen, sondern Formen, welche zutreffender als Partial- oder Teilsysteme bezeichnet werden könnten. Die Bezeichnung Radialsystem ist jedoch die allgemein übliche geworden.

Jedes Radialsystem bildet für sich ein Ganzes, steht in keinerlei Connex mit einem zweiten System, und ist daher genau so zu behandeln, als ob nur dieses eine System bestände. Was für eine ganze Stadtentwässerung gilt, gilt in gleicher Weise für ein einziges Radialsystem.

Hauptvorteile, welche die Zerlegung gewährt, sind: Freiheit in der Bestimmung über die Zahl und die Lage derjenigen Stellen, zu denen die Abwasser geführt, wo sie gereinigt, geklärt oder behufs Rieselung gesammelt werden sollen, daneben Verminderung der Schwierigkeiten, welche entstehen, wenn beim Wachstum der Stadt die Leistungsfähigkeit der Kanäle ungenügend wird.

Jedes Radialsystem ist seiner Größe nach festgelegt. Und da auch seine größte Bevölkerungszahl mit einiger Sicherheit zum voraus bestimmbar ist, sind die zur Anordnung des Kanalnetzes, der Profilformen und Profilgrößen notwendigen Unterlagen ausreichend bestimmt gegeben, so daß die Anlage bis in alle Einzelheiten hinein rationell entworfen und ausgeführt werden kann. Finden späterhin irgendwo Gebietserweiterungen statt, so kann zwanglos und ohne an dem Bestehenden etwas zu ändern, den älteren Systemen ein neues hinzugefügt werden.

Anders da, wo nicht zerlegt, sondern das ganze Niederschlagsgebiet einheitlich behandelt wird, weil hier meist Rücksichten auf spätere Erweiterungen genommen werden müssen, die aber weder ihrem Umfange, noch ihrer Lage nach zum voraus sicher genug übersehbar sind. Es fehlt daher dies oder das an den notwendigen Unterlagen für das

Projekt, sodaß dieses leicht in die Gefahr gerät, entweder zu groß oder zu klein zugeschnitten zu werden. Im ersten Falle passen die Profile der Kanäle für die Anfangsperiode nicht; im zweiten Falle nicht immer für die spätere Zeit, da eine spätere Erweiterung einen so großen Umfang annehmen kann, daß es unmöglich ist, die Wasser noch in die bestehenden Kanäle aufzunehmen, bezw. den entsprechenden Zuwachs des Kanalnetzes dem Bestehenden einfach hinzuzufügen.

Das bisher bekannte größte Beispiel der Anwendung des Radialsystems bietet die Kanalisation von Berlin nach dem Plane und der Ausführung Hobrecht's. Fig. 14 giebt eine schematische Skizze der Einteilung des Gebiets in 12, durch Schraffurverschiedenheiten unter-

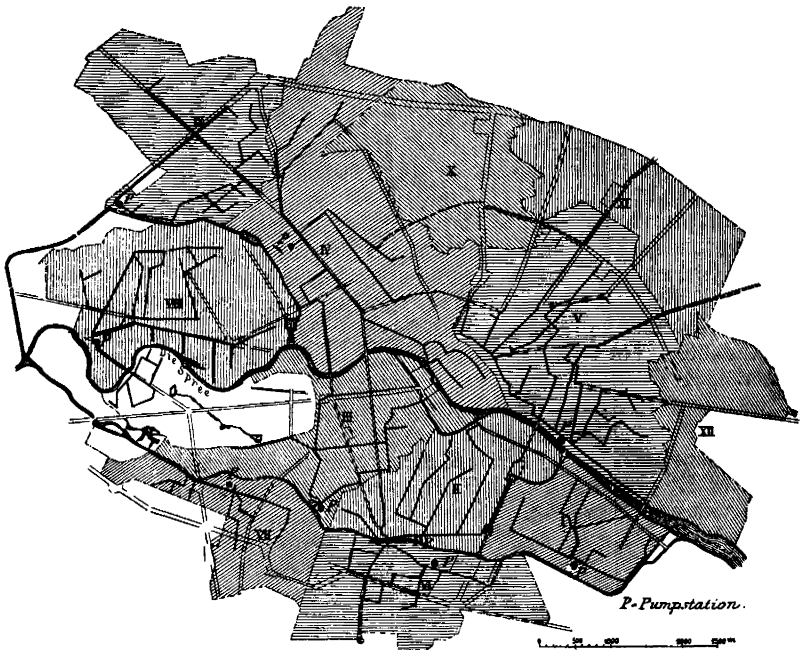


Fig. 14. Entwässerung Berlins (XII Radialsysteme).

schiedene Systeme nebst Lage der Hauptsammler und der Pumpstationen nur in den Systemen I—VII; die Systeme VIII und X sind erst nach Erscheinen des Originalplans ausgebaut worden. —

Es ist von vornherein anzunehmen, daß auch die Kanalisation nach Radialsystem nicht ohne Schattenseiten sein wird. Die Einzelsysteme müssen, um nicht unökonomisch zu werden, eine gewisse Größe erreichen, damit die Anlagekosten des Kanalnetzes nicht höhere Kosten erfordern als diejenigen, die bei der Kanalisation eines ungeteilten Gebiets entstehen. Indem bei der Zerlegung des Gebiets der Gestalt der Geländeoberfläche nicht immer ausreichende Rechnung getragen werden kann, werden die Kanäle stellenweise in größere Tiefen geraten, als wenn ihre Gefälle sich zwanglos den Geländeformen anschließen könnten; auch dadurch werden zuweilen vermehrte Kosten entstehen. Was die späteren Betriebskosten betrifft, so fallen diese jedenfalls höher aus.

Es will aber andererseits beachtet sein, daß bei einer gewissen Gebietsgröße die Zerlegung unvermeidbar ist, aus dem Grunde, daß sonst die Dimensionen aller Anlagen (Kanäle sowohl als Pumpstationen) über eine gewisse, praktisch noch zulässige Grenze hinausgehen würden, auch zeitweilige Betriebsstörungen einen unerträglichen Umfang annehmen könnten. Weiter auch könnte die ausreichende Entlastung der Kanäle durch Regenüberfälle auf Schwierigkeiten stoßen und würden größere Regenfälle von örtlich begrenztem Umfang auch in nicht direkt betroffenen Stadtgebieten Mißstände, wie z. B. Kellerüberschwemmungen, hervorrufen können. Endlich ist beim Radialsystem fast völlige Freiheit in der Wahl derjenigen Stellen gelassen, an denen die Abwässer zu vereinigen oder etwa zu Rieselszwecken zu benutzen sind.

Danach liegen für die Einteilung in Radialsysteme die örtlichen Verhältnisse im allgemeinen um so günstiger, je unausgesprochener oder auch je stärker wechselnd die Oberflächengestalt des Entwässerungsgebietes ist. Immer aber ist Voraussetzung für die Anwendbarkeit, daß es sich um ein Entwässerungsgebiet von bedeutender Ausdehnung, oder auch von wesentlichen Verschiedenheiten in der Gestalt, Lage oder den orographischen Verhältnissen von Teilen desselben handelt. — Die Berliner Radialsysteme sind durchschnittlich 588 ha groß, das kleinste (I) hat 273 ha, das größte (V) 797 ha Flächenausdehnung.

Im allgemeinen ersieht sich aus dem, was über „Systeme“ vorstehend angeführt ist, daß die Anwendung eines gewissen, selbst nur leichten Schemas große Vorsicht erfordert, die Aufgabe vielmehr darin besteht, eine den Besonderheiten des Entwässerungsgebietes, unter Hinzunahme der Reinigungsanlage für die Abwasser, möglichst gut angepaßte Ausgestaltung des Kanalnetzes anzustreben, ohne dabei in mehr als ganz allgemeiner Weise an ein bestimmtes „System“ sich zu binden.

Hobrecht, Die Kanalisation von Berlin, 1884.

Franzius u. Sonne, Handb. d. Ingenieurwissensch. 3. Bd.

Baumeister, Städtisches Straßenwesen u. Städtereinigung, 1890.

Entwässerung der Stadt Szegedin in d. Dtsch. Bauztg. 1887.

X. Baumaterialien und Konstruktion der Kanäle.

In erster Linie müssen die zum Bau der Kanäle benutzten Materialien möglichst undurchlässig sein, im zweiten ausreichende Druckfestigkeit besitzen und widerstandsfähig gegen die den Kanal passierenden Stoffe sein; in dritter Linie müssen sie glatte Oberfläche haben, um die Bewegung der Wasser möglichst wenig aufzuhalten, in letzter leicht bearbeitungsfähig zu den verschiedenen Formen sein, deren man zu der Profilgestaltung bedarf.

Im strengen Sinne des Worts ist kein Baumaterial wasserundurchlässig (vergl. unter VI.); es bestehen dabei aber sehr weitgehende Unterschiede. Obige Forderung besagt daher nur, daß zu Kanälen die am wenigsten wasserdurchlässigen Baumaterialien verwendet werden sollen. Es kommen dabei sowohl die Steine als der Mörtel in Betracht. Was letzteren betrifft, so ist nur hydraulischer Mörtel (nicht sogen. Luftmörtel, der viel zu langsam, vielleicht im Wasser überhaupt nicht erhärtet) verwendbar. Hydraulische Mörtel sind: sogen. hydraulischer Kalk, Traß, Puzzolanerde und Cemente, unter welchen letzteren der Portlandcement der vorzüglichste ist.

1. Glasierte Thonrohre.

Beiderseits glasierte Thonrohre, wenn gut (aber nicht bis zur Sinterung) gebrannt, von nicht zu geringer Wandstärke (bei kleinem Kaliber etwa $\frac{1}{8}$, bei mittlerem $\frac{1}{10}$, bei großem etwa $\frac{1}{12}$ der lichten Weite), sind ein ausgezeichnetes Material, das deshalb auch in sehr ausgedehnter Anwendung steht.

Ueber die ungünstigen Abflußverhältnisse, welche die Kreisform bei Kleinwassern besitzt, ferner über die Zerstörungsgefahr durch äußeren Druck und betreffs der üblichen Weiten glasierter Thonrohre vergl. unter VIII. Thonrohre mit Eiprofil kommen zwar vor, doch nur selten, da die Fabrikationsschwierigkeiten groß und solche Rohre daher teuer sind.

Hinsichtlich der Rohrfabrikation ist zu fordern, daß die Muffen nicht als besonderer Teil geformt und an das Rohr angesetzt werden, sondern daß beide Teile in einem und demselben Stück geformt werden. Es dürfen ferner die Rohre nicht allzu scharf gebrannt sein, weil sie alsdann unter äußerem Druck leicht zerspringen. Die Rohre dürfen keine Stellen haben, an denen infolge von Sinterung sich Klumpen oder andere grobe Unebenheiten zeigen; endlich dürfen auch keine Löcher in der Wand vorkommen, die oft vorhanden sind, wenn der Thon Kalk in größeren Stücken enthielt. Einen großen Vorzug besitzen Thonrohre darin, daß eine ausreichende Prüfung kaum mehr als eine sorgfältige Inaugenscheinnahme fordert.

Die Länge der einzelnen Schüsse ist 1 m. Die Muffenverbindung von je zwei Rohren muß zwar dicht, aber nicht starr sein, damit kleine Bewegungen infolge von Bodenerschütterungen sich vollziehen können, ohne daß die Leitung undicht wird.

Diesen Zweck erfüllt eine Art Kitt, welcher härter als Thon, aber weniger hart als hydraulischer Mörtel und dabei etwas nachgiebig ist und aus etwa 37 T. gemahlenem Thon, 24 T. Ziegelmehl, 19 T. Chamottmehl, 12 T. Eisenhammerschlag, 8 T. Kalkpulver besteht. — Es wird auch wohl eine Mischung von Asphalt und Ziegelmehl, auch von Asphalt und Pech verwendet.

Am häufigsten erfolgen die Muffendichtungen mit einer geteerten Hanfflechte (Teerstrick) im Grunde der Muffe und unter Ausfüllung des oberen Teiles derselben mit plastisch angemachtem, fettem Thon. Danach wird noch ein kräftiger, bis etwa 4 cm starker Wulst aus plastisch angemachtem Thon außen um die ganze Muffe gelegt. Eine solche Dichtung, gut ausgeführt, leistet (nach Versuchen von Frühling) einem Druck von mindestens 2 m Wassersäule ausreichenden Widerstand. Um aber eine gute Dichtung zu erzielen, müssen die Rohre auch möglichst gerade und kreisförmig sein, und muß auf ihre centrische Verlegung die größte Sorgfalt verwendet werden. Sowohl für die zulässige Abweichung von der geraden als von der Kreisform pflegt man in Verträgen feste, unüberschreitbare Normen zu ziehen. Es empfiehlt sich aber nicht, hierin eine übertriebene Strenge walten zu lassen, weil es sehr schwer ist, Form- Ungenauigkeiten der Rohre zu vermeiden, daher überstrenge Anforderungen die Rohre übermäßig verteuern würden. Um sich von der Güte der Verlegung zu überzeugen, ist jede kurze, eben erst verlegte Leitungsstrecke auf etwaige Ab-

weichungen von der geraden Richtung und vom Gefälle sorgfältig zu prüfen.

Wenn Thonrohrleitungen in der Nähe von Bäumen oder Strauchwerk vorbeigeführt werden, sind sie sehr der Gefahr des Hineinwachsens von Wurzeln (durch die Muffendichtung) unterworfen. Um dieser Gefahr, die leicht eine völlige Verstopfung herbeiführen kann, zu begegnen, füllt man den oberen Teil der Muffe anstatt mit Thon mit Cementmörtel aus. Letzterer ist aber sehr starr, wodurch bei Bodenerschütterungen die Gefahr von Brüchen entsteht. Diese Gefahr wird etwas ermäßigt, wenn man den Wulst um die Muffe aus Cementmörtel bildet und letztere mit plastisch angemachtem Thon bezw. Teerstrick füllt.

2. Kanäle und Rohre aus Cementbeton.

Dieselben besitzen im allgemeinen größere Genauigkeit der Form als gebrannte Thonrohre, und geben in der Glattwandigkeit jenen wenigstens im Anfang nicht nach. Wenn aber auch in letzterer Hinsicht sich später, etwa infolge reibender Wirkung der Abwasser, ein gewisser Manko einstellt oder Abblätterungen der Oberfläche auftreten, so werden doch Abflußgeschwindigkeit und Ablagerung von Sinkstoffen dadurch erst beeinflußt, wenn jene Schäden einen gewissen größeren Umfang annehmen, weil die große Genauigkeit der Form ausgleichend wirkt. Ein berechtigter Vorwurf trifft Betonkanäle darin, daß es nicht leicht ist, die Güte des Fabrikats zu prüfen, man also auf die Verlässlichkeit des Fabrikanten oder auf eine sehr genaue Kontrolle des Arbeitsverlaufes angewiesen ist; letztere jedoch erscheint nur selten möglich. Einen Vorzug besitzen Betonrohre geringerer und mittlerer Weiten darin, daß sie in größeren Längen als gebrannte Thonrohre hergestellt werden, die Anzahl der Stöße in einer Leitung also entsprechend geringert ist.

Kreisprofile und Eiprofile sind im Beton mit gleicher Leichtigkeit herstellbar. Ein gewisses Mehr an Gewicht, wie ferner eine Abplattung an der unteren Seite, die man Cementrohren giebt, dienen zur Vermehrung der festen Lage der Rohre.

Die Verbindungen von zwei Längen geschehen durch kurzes Ineinanderschieben der Enden und Verstreichen der Dichtungsstelle mit Cementmörtel. Letzterer besitzt aber nur geringe Zugfestigkeit, ist daher gegen Stöße und Verschiebungen empfindlich. Doch haben sich in der Praxis Beton-Kanäle und -Rohre vielfach bewährt.

Neuerdings kommen Rohre aus Cement vor, in deren Wand Drahtgewebe oder Eisenstäbe eingebettet sind. Diese Einlagen haben den Zweck, den Mangel an Zugfestigkeit des Cements zu ergänzen, bez. die Rohre dünnwandiger herstellen zu können. Bis heute liegen aber noch keine ausreichend langen Erfahrungen über solche Rohre vor.

Beschränkungen, die in den Profilgrößen glasierter Thonrohre stattfinden, kommen bei Beton-Rohren in Wegfall. Bei größeren Weiten fallen aber die Betonrohre wegen der größeren Wandstärke so schwer aus, daß die Konkurrenzfähigkeit mit glasierten Thonrohren aufhört. Um an Transportkosten möglichst zu sparen, wird zuweilen die Herstellung von Betonkanälen in der Baugrube selbst vorgenommen. Das Verfahren ist aber nur bei größeren Weiten der Kanäle gut anwendbar und gewährt für die Güte des Werkes nicht denjenigen Sicherheitsgrad,

welcher vorhanden ist, wenn die Herstellung in regelmäßigem Fabrikbetriebe geschieht, da Einübung der Arbeiter bei der Güte der Erzeugnisse aus Cement eine sehr große Rolle spielt. Für die Ableitung stark säurehaltiger Wasser sind Betonrohre ungeeignet, da Cement von denselben angegriffen wird.

3. Asphaltrohre.

Asphaltrohre aus Pappe und Asphalt in längeren „Schüssen“ erzeugt, sind für Säuren angriffsfrei, doch die Dichtungen der Stöße unsicher. Sie werden nur von ein paar Fabriken hergestellt und sind schon darum teuer.

4. Kanäle aus Ziegelsteinen.

Bei den größeren aus Ziegelsteinen herzustellenden Kanälen können die gewöhnlichen Ziegelformate benutzt werden; bei den kleinen (unter 1 m Weite) verwendet man besser keilförmige Steine, mit denen eine gute Ausführung sicherer als mit Ziegeln des gewöhnlichen Formats erzielbar ist. Die Steine müssen bester Qualität, d. h. hart gebrannt sein, nicht nur weil der härtere Stein auf die Dauer die glattere Oberfläche bewahrt, sondern auch weil derselbe weniger wasserdurchlässig ist als der weichere. Wenn die Oberfläche der Ziegelsteine zu rauh oder die Form der Steine ungenau ist, wird man zweckmäßig im Innern einen Putzüberzug auftragen, vielleicht im ganzen Profil, vielleicht auch mit Beschränkung auf die Sohle und den unteren Teil der Wände. Die Sohle kann auch aus glasierten Steinen hergestellt werden. — Die Güte eines Putzüberzuges der Außenseite eines gemauerten Kanals, den man als Schutz gegen Durchlässigkeit der Kanalwand zuweilen anwendet, erscheint wenig gesichert (vgl. auch unter VI).

5. Kanäle aus Haustein.

Große Härte von Haustein verursacht hohe Bearbeitungskosten; daher wählt man lieber einen etwas weniger harten, aber sonst guten Stein, wie z. B. feinkörnigen Sandstein und dichten Kalkstein, doch sind die Wandflächen der Kanäle nicht immer glatt genug. Dagegen hat man das Mittel angewendet, die Innenseite des Kanals nur roh zu bearbeiten und alsdann einen glatten Cementputz aufzutragen.

Haustein empfiehlt sich durch geringe Fugenzahl und die leichte Möglichkeit der Herstellung eines guten Fugenschlusses. Oft ist aber Haustein, besonders Sandstein, stark porös und Kalkstein hält dem CO^2 -Gehalt der Abwasser wie der Wirkung des Wechsels von Nässe und Trockenheit nicht stand.

6. Eisenrohre.

Rohre aus Eisen kommen der Kostspieligkeit halber nur für besondere Stellen und Zwecke, z. B. bei größerer Gefährdung durch äußeren Druck, in Flußkreuzungen, zu Leitungen, in denen das Wasser unter Druck fließt, zu Düchern und Hebern, zur Anwendung. Sie bedürfen eines sogen. Asphaltüberzuges und beständigen Volllaufens, damit den zerstörenden Agentien nicht auch noch der Luftsauerstoff hinzutrete.

Es scheint, daß bei diesen Vorsichtsmaßregeln Gußeisenrohre eine lange Dauer erreichen können.

Druckrohranlagen (immer aus Eisen herzustellen) folgen in ihrer Tiefenlage der Terraingestalt. Sie erhalten an den tiefsten Punkten Ablässe für den Fall von Beschädigungen, sowie zur Beseitigung etwaiger Ablagerungen; nach Erfahrungen in Berlin besteht bei einer Wassergeschwindigkeit von 1 m letztere Gefahr aber nicht. An den höchsten Punkten müssen Entlüftungshähne für täglichen Betrieb durch Hand angebracht werden, weil Kanalwasser viel Gase entwickeln und durch lokale Ansammlung derselben der Abfluß stark gehemmt, der Druckwiderstand in den Pumpen gesteigert und Gefahr für den Bestand der Leitung herbeigeführt werden kann. Bei der schmutzigen Beschaffenheit des Wassers sind selbstthätige Entlüftungshähne nicht sicher gangbar.

Was die Gefahr des Einfrierens von Druckleitungen betrifft, so ist dieselbe nach den Erfahrungen in Berlin gegenstandslos. Die Temperatur des Kanalwassers geht hier nicht unter $7,5^{\circ}$ C herab; sollten örtlich sich niedrigere Temperaturen herausstellen, so entstehen dadurch auch wieder Dichtigkeitsverschiedenheiten, die zu Strömungen Anlaß geben, welche der Frostgefahr entgegenwirken. Allem Anschein nach bedarf es zum Frostschutz der Druckrohrleitungen einer besonderen Tiefenlage nicht; da aber ein nicht tiefliegender Temperaturgrad der Abwasser dann wertvoll ist, wenn es sich um Reinigung derselben durch Berieselung auch zur Winterszeit handelt, so wird man für solche Fälle die größere Tiefenlage der geringeren vorziehen.

Ueberschreitungen von Flußläufen, sei es mittels oberirdischer Führung, sei es mittels Düker, sind gewöhnlich aus Schmiedeeisen herzustellen, weil Gußeisen dafür nicht elastisch genug ist.

7. Chemische und physikalische Wirkungen, welchen die Kanalwände unterworfen sind, und Schutzmittel dagegen.

Hierbei handelt es sich:

- 1) um die zerstörenden Einflüsse chemischer Agentien des Kanalwassers und
- 2) um die physikalische (reibende) Wirkung der dem Wasser beigemengten festen, vorzugsweise mineralischen Stoffe.

Unter den chemischen Agentien ist zunächst das Ammoniak zu erwähnen, welches durch Umsetzung mit den in gemauerten Kanalwänden enthaltenen Alkalien schwefelsaure Salze (den sogen. Mauerfraß) erzeugen kann. Die Mengen, in welchen das Ammoniak im Kanalwasser angetroffen wird (S. 131), sind jedoch, abgesehen von einzelnen Stellen, wo die Zuführung in größeren Mengen stattfindet (z. B. mit den Abwässern aus Gasanstalten), zu gering, um dieser Gefahr eine erhebliche Bedeutung beilegen zu müssen. Wichtiger ist dagegen der im Wasser enthaltene Gehalt an Säuren (Schwefel-, Salpeter-, Salzsäure).

Gegen den zerstörenden Einfluß dieser findet sich in den betr. Polizeivorschriften zuweilen die Bestimmung, daß saure, salzige und alkalische Wasser mit mehr als 0,1 Proz. Säuren, Salz oder Alkali nicht in die Kanäle aufgenommen werden. Diese Vorschrift erscheint aber reichlich weitgehend, da Erfahrungen lehren, daß auch ein bedeutend höherer Gehalt dann keinen Schaden an den Leitungen anrichtet, wenn dieselben außer Säuren auch reichliche Mengen von Abwässern

gewöhnlicher Art führen; vielleicht daß bei diesem Schutz die Anwesenheit organischer Stoffe, insbesondere solcher, die aus Humus stammen, eine Rolle spielt. Manche Städte begnügen sich daher damit, zu verlangen, daß die mineralische Säuren enthaltenden Wasser auf dem Grundstück in einer ausreichend großen Grube mit Regen- und Hauswassern zusammengeführt und erst von dieser aus in die Entwässerungsleitung abgelassen werden. Warme Wasser begünstigen den Angriff der Kanäle.

Gegen die Schädigungen durch Reibung muß durch Auffangvorrichtungen außerhalb der Kanäle vorgekehrt werden. Dabei wird gleichzeitig eine Verbesserung der Vorflut geschaffen. Desgleichen darf die Geschwindigkeit des Wassers im Kanal gewisse Grenzen (vergl. S. 192) nicht überschreiten. — Die Reibungswirkung ist im allgemeinen durch die Menge der Sinkstoffe, die das Kanalwasser führt, bestimmt, spezieller durch den Anteil an spezifisch schweren Sinkstoffen und solchen von eckiger Gestalt. Hierzu sind die betr. Angaben unter III zu vergleichen.

Auch bei guten Auffangvorrichtungen sind Ablagerungen von Sinkstoffen in Kanälen (abgesehen von der Ursache zu geringer allgemeiner Geschwindigkeit des Wassers), nicht ganz zu vermeiden; vielmehr wird es immer einzelne Stellen in einem Kanalnetz geben, wo sie vorkommen. Besonders sind dies Profilerweiterungen und Abschnitte, wo durch Gefälleänderungen die Wassergeschwindigkeit verlangsamt wird, endlich besonders raue Stellen der Kanalwände.

Sehr leicht bilden sich Ablagerungen da, wo zwei oder mehrere Rohre zusammentreffen, sowohl weil hier eine Profilerweiterung stattfindet, als auch weil die Richtungen der zwei (oder mehr) Wasserströme nicht zusammenfallen. Es muß deshalb erstrebt werden, an solchen Zusammenschlüssen den möglichsten Ausgleich sowohl der Profile als der Richtungen zu erzielen. Die Richtungen dürfen nie rechtwinklig auf einander treffen, sondern nur unter spitzem Winkel, (tangential) und die Profile müssen durch Einlegung von sorgfältig ausgebildeten sogen. Zungen so weit als möglich ausgeglichen werden, damit nicht die Gelegenheit zur Ablagerung von Sinkstoffen begünstigt werde.

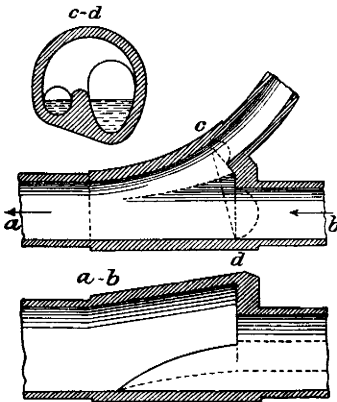


Fig. 15—17. Zusammenschlüsse von Rohren.

Die Fig. 15—17 dienen zur Veranschaulichung einer bezüglichlichen Konstruktion einfachster Art. Fig. 15 zeigt den tangentialen Anschluß des Zweigkanals, und die Gestaltung der Zunge im Grundriß, Fig. 16 die Profilerweiterung, welche an dieser Stelle stattfindet und die Gestaltung der Zunge in der Seitenansicht, Fig. 17 den Querschnitt nahe dem obern Ende der Zunge genommen.

Figur 17 enthält einen Höhenunterschied in der Sohlenlage der beiden Kanäle, über welchen folgendes Allgemeine anzuführen ist: Wenn die beiden verbundenen Kanäle gleiches Gefälle hätten und ihre Sohlen am Treffpunkt in gleicher Höhe lägen, würde bei ange-

stauetem Wasserspiegel der kleinere der beiden Kanäle unter Druck stehen und in ein langes Kanalstück hinein sich Rückstau erstrecken, beides sehr unerwünschte Vorgänge. Man kann dieselben dadurch etwas vermindern, daß man dem kleineren Kanal das stärkere Gefälle giebt, ihn aber ganz vermeiden, wenn man den kleineren Kanal etwa in Scheithöhe des großen anschließt. Da indes dabei ein beträchtliches Stück an Gefälle für den ersteren preisgegeben wird, ist dieses Hilfsmittel da, wo man nicht über ein großes Gefälle verfügt, nicht anwendbar. Im allgemeinen (und abgesehen von dem Falle, wo die Geringfügigkeit des Gefälles dazu zwingt, die Sohlen beider Kanäle gleich hoch zu legen) besteht das richtige Verfahren darin, für den Zusammenschluß einen solchen Punkt der Profilhöhe des großen Kanals zu wählen, daß bei den während der längsten Dauer bestehenden Spiegelständen der beiden Kanäle sowohl unmittelbar vor als unmittelbar hinter der Vereinigungsstelle kein Höhenunterschied besteht; dies wird der Fall sein, wenn beide Spiegel nach der Durchschnittsmenge des häuslichen Brauchwassers angenommen werden. Abweichungen sind zulässig, wenn große Gefälle zur Verfügung stehen.

Wenn trotz Sorgfalt bei der Konstruktion in Bezug auf die Vermeidung von Ablagerungen an solchen Stellen Zweifel obwalten, so wird man, sofern der Stammkanal besteigbar ist und ein Einsteigeschacht nicht zu entfernt liegt, kein besonderes Hilfsmittel bedürfen, höchstens ein sogen. Lampenloch (S. 220) anlegen, wenn aber der Kanal zum Besteigen zu eng ist, einen Einsteigeschacht.

8. Wasserschlüsse.

Wasserschlüsse sind Vorrichtungen, die den Zweck haben, die Verbindung zwischen dem Luftinhalt zweier Räume (oder Gefäße) zu verhindern, ohne aber dem dazu dienenden Zwischenmittel, dem Wasser, den Uebertritt von dem einen in den anderen Raum zu versperren. Sie dienen bei Entwässerungen dem wichtigen Zwecke, übelriechende oder schädliche Gase von geschlossenen Räumen oder vom Einschlagen gewisser Wege, deren Passierung verhindert werden soll, abzuhalten.

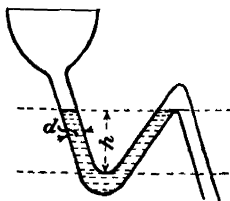


Fig. 18. Siphonwasserschluß.

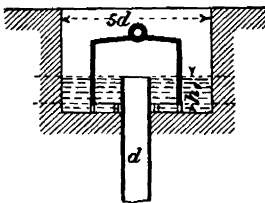


Fig. 19. Glockenwasserschluß.

Wasserschlüsse kommen in zahlreichen, äußerlich wechselnden Formen vor, welche aber alle auf zwei Grundformen zurückführbar sind: den Siphonwasserschluß (auch Traps genannt), Fig. 18, und den Glockenwasserschluß, Fig. 19. Zwischen beiden Formen besteht, abgesehen von der Verschiedenheit der Anpassung an bestimmte Zwecke, ein Unterschied, der die Leistung selbst betrifft.

Bei übereinstimmender Weite d des Abflußrohres der beiden Typen bedarf der Glockenverschluß mindestens die Weite $= 4 d$ für den Wasserbehälter. Rechnet man mit dieser Mindestweite, so muß, damit Gleichheit der Wassermengen in beiden Typen besteht, die Bedingung erfüllt sein:

$$4^2 d^2 \frac{\pi}{4} h_1 = 2 d^2 \frac{\pi}{4} h; \text{ woraus } h_1 = \frac{1}{8} h, \text{ und } h = 8 h_1.$$

Da von der Höhe des Wasserschlusses sein Widerstand nicht nur gegen gewaltsame Zerstörung, sondern auch gegen langsame Aufhebung durch Verdunsten in besonderem Grade bedingt ist, so ersieht man, daß der Glockenwasserschluß mit derselben Wassermenge wie der Siphonwasserschluß viel weniger leistet als dieser. Leichtes Schütteln schon, oder Fortnahme eines kleinen Teils des Wassers kann den Glockenwasserverschluß unwirksam machen, während bei Fortnahme desselben Höhentails im Siphon der Wasserschluß immer noch wirksam bleibt. Daher ist der Glockenwasserschluß zum Gebrauch an besonders gefährdeten Stellen weniger gut geeignet als der Siphon, seine Anwendbarkeit also, wenn er nicht außergewöhnliche Höhe erhält, auf die Fälle beschränkt, wo die Unverletztheit immerwährend kontrolliert wird. Einen Vorzug hat dagegen der Glockenwasserschluß vor manchen Formen des Siphons in der leichten Reinigungsfähigkeit voraus.

Zerstörungen der Wasserschlüsse finden durch Luftdruck-Verschiedenheiten, welche an den beiden Seiten bestehen, statt. Solche Verschiedenheiten können durch Bewegung der Luft, sei es auf der einen, sei es auf der anderen Seite, hervorgerufen werden.

Die Abhängigkeit des Luftdrucks von der Luftbewegung ist durch die Bedingung gegeben:

$$K = \frac{Q}{g} \frac{v^2}{2},$$

worin K den Luftdruck, für 1 qm gedrückter Fläche, bezeichnet, v und g bekannte Größen sind. Es läßt sich nach dieser Formel leicht die geringste Wassersäulenhöhe ermitteln, die ein Wasserschluß haben muß, um nicht von einem einseitig wirkenden Luftdruck zerstört zu werden. Wird z. B. für Q der höchste Wert trockener Luft bei 760 mm Barometerdruck und 0° Temperatur und für die Erdacceleration g der Wert 9,81 eingesetzt, so ergibt sich:

$$K = \frac{1,2932}{2 \cdot 9,81} v^2 = 0,066 v^2.$$

Es werde nur für v der (hohe) Wert $= 3$ angenommen; dafür ergibt sich: $K = 0,06 \cdot 9 = 0,594$ kg, rund 600 g, welchem Werte die Wassersäulenhöhe $h =$ rund 0,6 mm entspricht. Setzt man $v = 5$ m ein, so findet sich $K = 1,65$ kg, wozu die Wassersäulenhöhe $h = 1,65$ mm gehört.

Da die Wasserschlüsse in der Wirklichkeit das 10–20-fache dieser Höhe erhalten, erscheint der Fall, daß bei der gewöhnlichen Geschwindigkeit der Luftbewegung im Kanal dieselbe den Weg durch den Wasserschluß freimachen könnte, ausgeschlossen, und müssen daher die Luftdruckverschiedenheiten, bei denen solche Vorgänge sich ereignen, viel größer

sein. Dieselben können durch viel heftigere als die in der obigen Rechnung vorausgesetzte Luftbewegungen zustande kommen. Solche aber können stattfinden, indem Wasser aus größerer Höhe neben dem Wasserschuß im Rohre herabstürzt und so eine Luftverdünnung im Rohr oberhalb des Wasserschlusses hervorruft, oder auch indem durch Rückschlag in dem Rohre oberhalb Luftpressung entsteht. Im ersten Fall wird der Wasserschuß durch Ausaugen, im zweiten durch Herausdrängen (Verspritzen) des Wassers am anderen Ende zerstört werden. Ebenfalls ist nicht ausgeschlossen, daß häusliche Wasserschlüsse durch besondere Luftdruckverhältnisse, die im Straßenkanal stattfinden, zerstört werden.

Fig. 20 veranschaulicht die beiden hier erörterten Fälle. Die Wasserschlüsse *A* können durch Herabstürzen einer gewissen Wassermenge aus der Höhe oberhalb *A* ausgesaugt werden; das Wasser aus dem Wasserschuß *B* dagegen kann durch den Rückprall, welchen das herunterstürzende Wasser beim Eintritt in den horizontalen Rohrstrang erleidet, — durch das Becken hindurch — verspritzen.

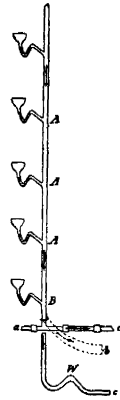


Fig. 20.

Ueber die Möglichkeit des Aussaugens der Wasserschlüsse läßt sich durch eine kurze Rechnung leicht Klarheit schaffen. Ein Wasserschuß enthalte die Wassermenge 1,5 l bei der Höhe *h*; er wird das Wasser jedenfalls verlieren wenn die Luft im Fallrohr auf die Spannung = 0 gebracht ist, weil dann von der anderen Seite der volle Barometerdruck (bis 760 mm Quecksilbersäule) wirkt. Zur Ausdehnung von 1 cbm Luft der Temperatur 0 auf das Volumen ∞ (= Spannungslosigkeit) ist die erforderliche mechanische Arbeit $19500 \cdot 1,2932 = 25217$ mkg, daher die zur Ueberführung der Luftmenge 1,5 l in den spannungslosen Zustand erforderliche mechanische Arbeit $0,0015 \cdot 25217 = 37,82$ mkg. Diese Arbeit würde allerhöchstens zu leisten sein, um den zur Aufnahme von 1,5 l Wasser erforderlichen Raum für das Wasser frei zu machen, und dazu müßten beispielsweise entweder 10 l Wasser aus 3,8 m Höhe oder 5 l Wasser aus 7,6 m Höhe oder 2,5 l Wasser aus 15,1 m Höhe in geschlossener Masse im Fallrohr herabstürzen.

In der Wirklichkeit wird das Aussaugen der Wasserschlüsse wohl schon beim Herabstürzen beträchtlich kleinerer als der hier berechneten Wassermengen geschehen können, weil schon ein mäßiger Grad der Luft-Verdünnung im Rohr genügt, keineswegs Luft-Leere erforderlich ist; diese Ansicht wird durch die Erfahrung bestätigt.

Bei der Rechnung ist der wichtige Einfluß, den die Rohrweite auf das Aussaugen der Wasserschlüsse übt, gewissermaßen nur versteckt zur Geltung gebracht worden, indem als Bedingung für das Aussaugen das Herabstürzen des Wassers in geschlossener Masse hingestellt worden ist. Damit dies stattfinden könne, darf der Rohrdurchmesser diejenige Größe nicht überschreiten, bei welcher die Zuführung des Wassers rasch genug erfolgt, damit der Rohrquerschnitt ganz gefüllt und so gewissermaßen ein Wasserpfropfen von größerer oder geringerer Länge im Rohr gebildet wird. Da dies thatsächlich nur bei engen Fallrohren stattfinden kann, so ergibt sich, daß bei

Fallrohren von größerer Weite ein Aussaugen der Wasserschlüsse nicht gefürchtet zu werden braucht, umgekehrt weite Rohre, wenn ihr oberes Ende offen ist, ein günstiges Verhalten zeigen werden, da in ihnen das in nicht geschlossener Masse herabstürzende Wasser gewöhnlich Luft aus dem Freien ansaugen und mit sich in die Tiefe der Rohrleitung (bezw. des Straßenkanals) hinabführen wird.

Daß eine solche Wirkung thatsächlich in großem Maße stattfindet, wird z. B. durch die Konstruktion des unter dem Namen Aeolus (auch Viktoria-Ventilator) bekannten, durch Wasser betriebenen Lüftungsapparates praktisch demonstriert, ist auch durch Versuche an Fallrohren selbst nachgewiesen worden. Es soll sich dabei ergeben haben, daß die aus dem Freien angesaugten Luftmengen unerwartet große sind, beispielsweise in einem Rohr von 13 cm Weite die eingesaugte Luftmenge das 6-fache der Wassermenge, in einem Rohr von 10 cm Weite dieselbe sogar das 9- bzw. 11-fache der Wassermenge betrug; doch liegen bei diesen Zahlen vielleicht Beobachtungsfehler vor. (Vergl. Bd. VIII, S. 196.)

Die gesetzmäßigen Unterlagen der Erscheinung sind verwickelt; einiges Nähere dazu wird weiterhin mitgeteilt. Ueber die hiernach und nach sonstigen Rücksichten zu bemessende Weite der häuslichen Fallrohre s. unter XVI.

Wird von Vergrößerung der Rohrweite auf seiner ganzen Länge Abstand genommen, so liegt als Abhilfsmaßregel gegen das Aussaugen der Wasserschlüsse der Gedanke nahe, das Fallrohr in demjenigen Höhenteil, in welchem der vom Wasserschluß kommende Ansatzstutzen das Fallrohr erreicht, mit einem vergrößerten Durchmesser herzustellen, gewissermaßen eine Art Windkessel zu schaffen, der wenigstens zum Teil mit Luft von Atmosphärenspannung erfüllt bleibt. Dies wird jedenfalls geschehen, wenn das von oben zugeführte Fallrohrstück um eine gewisse Länge in den Windkessel hinabreicht, während der zum Wasserschluß führende Stutzen seitlich etwas höher ansetzt. Die Benutzung des Windkessels (dessen notwendige Größe durch Versuche zu ermitteln wäre) kann aber an manchen Stellen so unbequem sein, daß auf dieses Mittel verzichtet werden muß.

Von Renk ist vorgeschlagen worden, am oberen Ende des aufsteigenden Schenkels vom Siphon den Rohrquerschnitt durch Einsetzen eines sogen. Stehblechs zu verengen, um dadurch dem Entweichen der Luft ein gewisses Hemmnis zu bereiten. Das Mittel würde jedenfalls einige Wirkung üben; zu bedenken ist aber, daß die Verengung Anlaß zum leichten Hängenbleiben von fremden Stoffen besonderer Form (wie Zeug- und Papierresten, Haaren, Pflanzenfasern u. s. w. an dieser Stelle), und so zu Verstopfungen des Siphons den Anlaß giebt; es wäre auch nicht ganz ausgeschlossen, daß durch Kapillarkwirkung ein Aussaugen des Wasserschlusses stattfände.

Auch dadurch, daß durch herabstürzendes Wasser im Fallrohr eine Luftkompression anstatt einer Verdünnung erzeugt wird, könnte eine Zerstörung der Wasserschlüsse *A*, *A*, *A* (Fig. 20 S. 213) hervorgerufen werden; doch liegt hierzu mehr eine theoretische Möglichkeit als ein der Erfahrung entsprechender Vorgang vor, wogegen der Wasserschluß *B* in Fig. 20 der Zerstörung auf diese Weise leicht ausgesetzt ist, um so leichter, je näher er dem Uebergange des senkrechten Fallrohrs in das horizontale Leitungstück liegt und je schroffer die Zusammenführung der

beiden Rohre stattfindet. Um Sicherheit zu schaffen, darf die Zusammenführung nicht nach Konstruktion *a* und *c* in Fig. 20 S. 213 geschehen, sondern muß in der Weise, wie zu *b* dargestellt ist, bewirkt werden.

Ein Mittel gegen Brechen des Wasserschlusses, ob dieses nun durch Saug- oder Druckwirkung der Luft erfolgt, gewährt der Wasserschluß mit Kugelventil, Fig. 21. Gegen Druck von unten schließt der Gummiball oben, gegen Druck von oben, unten; es kann daher nur die während der Bewegung des Balls ausfließende geringe Wassermenge dem Wasserschluß verloren gehen. Das setzt aber voraus, daß der Ball funktioniert, worauf jedoch nicht sicher zu rechnen ist, weil wegen an dem Ball haftenden Schmutzes die Kugelgestalt desselben leicht verloren geht. Zur Kontrolle über die stete Gangbarkeit des Ventils und zum öfteren Reinigen kann das Gehäuse eine kleine Thür aus Glas erhalten.

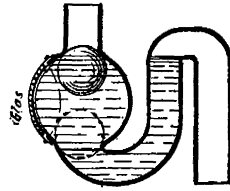


Fig. 21. Wasserschluß mit Kugelventil.

Außer durch die bisher besprochenen Ursachen hört das Bestehen eines Wasserschlusses zuweilen vermöge Verdunstung seiner Wassermenge oder eines Teils derselben in Zeiten langen Nichtgebrauchs auf; dies ereignet sich nicht selten bei Wasserschlüssen unter Wasser-klosetts. Gegen diese Gefahr vermag nur entweder häufige Revision, oder eine Verbindung mit der Wasserleitung mittels eines kleinen Rohrs nebst Hahn, der beständig geöffnet bleibt, zu schützen. Besonders letzteres Mittel empfiehlt sich; es ist wenig kostspielig, und die Kosten können nicht in Betracht kommen, wenn man die immerwährende wohlthätige Auffrischung, welche der Wasserschluß dabei erfährt, mit in Anschlag bringt.

Die Sicherheit des Bestehens der Wasserschlüsse ist um so größer, je größer die Wassersäulenhöhe derselben; da aber in geringerem Grade auch die Wassermenge mitwirkt, besitzen gute Wasserschlüsse nicht nur reichliche Höhe, sondern auch eine gewisse Weite. Die Höhe wird aber vielfach zu gering angenommen, da man bei engen Röhren bis auf 3 cm herabgeht, bei Rohrweiten von 10 cm und darüber oft Höhen von nur 6—8 cm, seltener 10 cm antrifft; 12—15 cm würden besser sein. Die enge Grenze, an welche man sich mit der Höhe oft bindet, entspringt der Besorgnis vor öfterer Verstopfung. Um diese Gefahr leicht beseitigen zu können, müssen Wasserschlüsse, welche von Abwassern passiert werden, zu leichter Zugänglichkeit eingerichtet sein. Häufig geschieht dies durch Anbringen einer Schraube, durch die eine Öffnung am Grunde des Wasserschlusses freigelegt werden kann. Wo dies Mittel nach der Oertlichkeit nicht angängig ist, muß durch öftere kräftige Spülung für stete Offenhaltung des Wasserschlusses gesorgt werden. Während nun für die in der Erde oder sonstwo versteckt liegenden Wasserschlüsse eine große Weite immer erwünscht ist, wird man Wasserschlüssen, die an den oberen Enden von Leitungen (im Hause u. s. w.) liegen, nicht gern eine mehr als durchaus notwendige Weite geben, weil diese die Einführung von gröberen, lästig gewordenen Gegenständen, in die Leitung ermöglicht. Diese Gefahr ist bei den versteckten Lagen, welche viele Ausgüsse haben, und bei der faktischen Unmöglichkeit, mißbräuchliche Benutzung der Ausgüsse zu verhüten oder nur zu kontrollieren, keineswegs gering anzuschlagen.

Neben sogen. festen Wasserschlüssen, d. h. solchen, bei denen die Wassersäulenhöhe immer dieselbe ist, kommen auch Wasserschlüsse vor, deren Wasserhöhe willkürlich geändert werden kann. Beispiele dieser Art werden weiterhin mitgeteilt.

Nachstehend folgen Abbildungen u. s. w. einiger „fester“ Wasserschlüsse.

Fig. 22 zeigt einen Glockenwasserschluß, wie er besonders in Küchen gebräuchlich ist. — Fig. 23, Siphonwasserschluß von der Form, wie er für Ausgußbecken gewöhnlich angewendet wird, mit Reinigungsschraube am tiefsten Punkt. — Fig. 24 und 25 desgl. für horizontale oder mit geringer Neigung verlegte Leitungen anwendbar. — Fig. 26 und 27 desgl. für Stellen, an denen stehende und liegende Rohre zusammentreffen. Beide sind mit Revisionseingängen versehen.

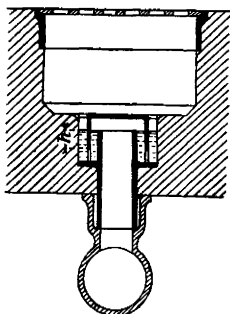


Fig. 22.

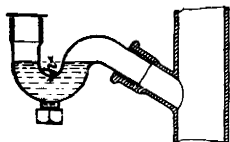


Fig. 23.



Fig. 24.



Fig. 25.

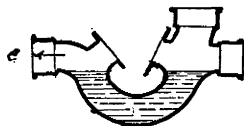
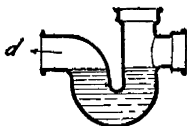


Fig. 26 und 27.

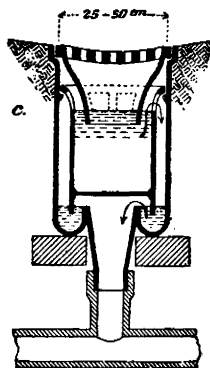


Fig. 28.



Fig. 29.

Fig. 22. Glockenwasserschluß.

Fig. 23. Siphonwasserschluß mit Reinigungsschraube.

Fig. 24 und 25. Wasserschlüsse für Leitungen mit geringer Neigung.

Fig. 26 und 27. Wasserschlüsse mit Revisionseingängen.

Fig. 28. Doppelter Wasserschluß.

Fig. 29. Doppelter Wasserschluß.

Außer einfachen Wasserschlüssen, nach den vorstehenden Abbildungen werden zu mehrerer Sicherheit auch wohl zweifache verwendet. Die Fig. 28 und 29 bieten Beispiele hierzu. Bei der Konstruktion Fig. 28 folgt der eine Wasserschluß der Glocken-, der andere der Siphon-Form; beide sind ganz unabhängig von einander. Bei der Form Fig. 29 besteht eine Abhängigkeit der beiden Wasserschlüsse von einander insofern, als ihre Höhen ungleich sein müssen. Der hinten liegende Wasserschluß bildet nur eine Ergänzung (Erhöhung) des vorderen.

Daher ist der Name „Sicherheitswasserschluß“, den die Konstruktion führt, nicht ganz zutreffend.

Es ersieht sich, daß unschwer auch dreifache Wasserschlüsse herstellbar sind; sie kommen jedoch in Schmutzwasserableitungen kaum vor.

Wasserschlüsse sind nicht absolut dicht gegen den Durchgang von Gasen. Den Zweck, durchgetretene Gase dennoch von dem betr. Raum abzuhalten, verfolgt der „Patent-Geruch-Verschluß“ von Budde & Göhde, Fig. 30. Die durchgetretenen Gase sollen durch den im Grunde des Wasserschlusses aufgestellten Kegel gehindert werden, den Weg in das Rohr zu nehmen, vielmehr in den ringförmigen Raum *d* gelangen, aus dem sie durch ein kleines Rohr abgeleitet werden können. — Denselben Zweck erfüllt der Wasserschluß von Behn, welcher über dem Wasserspiegel mit Luft-Zu- und Ableitung versehen ist.

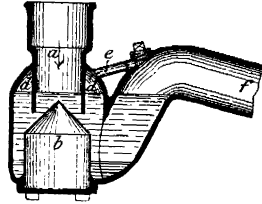


Fig. 30.

Ueber den Einfluß von Säuren auf die Kanalbaumaterialien, im Bayrisch. Industrie- und Gewerbebl. 1878, ferner in der Deutsch. Bauztg. 1879, 1882, 1883, 1894, in der Thon-industrieztg. 1878, 1893, im Wochenbl. f. Arch. u. Ingen. 1879, im Centralbl. d. Bauverwaltg. 1884.

Ueber die Haltbarkeit der verschiedenen Baumaterialien in den Wiener Kanälen, in der Wochenschr. d. öster. Ingen.- u. Arch.-Ver. 1879.

Kanäle aus Betonguß mit Sohlen aus glasiertem Steinzeug, in der Zeitschr. d. öster. Ingen.- u. Arch.-Ver. 1877.

Ueber das Verlegen von Ableitungsrohren aus gebranntem Thon, im Centralbl. der Bauverwaltg. 1889.

Renk, Die Kanalgase, deren hygien. Bedeutg. u. techn. Behandlg., 1882.

Gerhard, Anlage von Hausentwässerungen, 1889.

Linsse, Ueber Hauskanalisation, 1881.

Dazu ferner Gesundheitsingenieur 1893 u. Hygien. Rundschau 1894.

XI. Revisionselnrichtungen: Einsteigeschächte und Lampenlöcher u. s. w.

1. Einsteigeschächte.

Wo mehrere Kanäle rechtwinklig oder nahezu rechtwinklig aufeinander treffen, vereinigt man dieselben nicht unmittelbar, sondern gebraucht zur Zusammenführung einen Einsteigeschacht, auch Einsteigebrunnen genannt. Ein solcher wird auch zuweilen an Stellen angelegt, an denen Ablagerungen erwartet werden, und desgleichen auch da, wo man dem Kanal eine Ausweitung für den Zweck giebt, die hier — selbstthätig oder absichtlich — zusammengeführten Schlamm-mengen an die Straßenoberfläche zu befördern. Zuweilen liegt bei einer Schachtanlage auch der Zweck vor, den Kanal an der betreffenden Stelle für Spül- oder andere Betriebszwecke zugänglich zu machen.

Wenn man die Schachtsohle etwas tiefer legt als die Mündungen der in dieselben eingeführten Kanäle, so wird der unterhalb liegende Höhentheil als Sand- oder Schlammfang (auch Schlamm-sack genannt) dienen. Solche Ansammlungen in Schächten sind zwar im allgemeinen zu verwerfen, auch wenn die Reinigung eine häufige ist. Doch erscheinen Schlamm-säcke da, wo Straßenbeschaffenheit und Straßenreinigung mangelhaft sind, wie auch da, wo der Wasserverbrauch sehr

beschränkt ist, als ein notwendiges Uebel, weil ohne sie den unteren Teilen des Kanalnetzes beträchtliche Mengen von Sinkstoffen zugeführt werden würden, die hier noch größere Mißlichkeiten als beim Zurückhalten in den Einsteigeschächten hervorrufen könnten. Zuweilen kann es sich empfehlen, Schlammssäcke nur an besonderen Stellen oder als vorläufige Einrichtung herzustellen, die leicht beseitigungsfähig ist, wenn sie später unnötig oder schädlich wird.

Die Anlage eines kleinen Schlammfangs bringt übrigens den Nebenvorteil mit sich, daß die Revision (und Reinigung) der anschließenden Stücke der Leitungen erleichtert wird. Ein schlammstaschenähnlicher Raum ergibt sich da von selbst, wo die Sohlen der einmündenden Kanäle aus besonderen Gründen nicht in gleicher Höhe liegen.

An Stellen, wo die Zuführung fester Geschiebe zu den Kanälen erwartet werden muß, sind auch für diese geeignete Auffangvorrichtungen anzulegen.

Durch besondere Gestaltung der Schachtsohle, in welcher dem von verschiedenen Seiten kommenden Wasser bestimmte Richtungen dadurch angewiesen werden, daß man in die Sohle Rinnen einarbeitet, kann man gegen Ablagerungen im Schacht Einiges thun, indem man die Strömungsrichtungen derartig zusammenführt, daß sie sich gegenseitig nicht stören. Siehe Fig. 31 und 32.

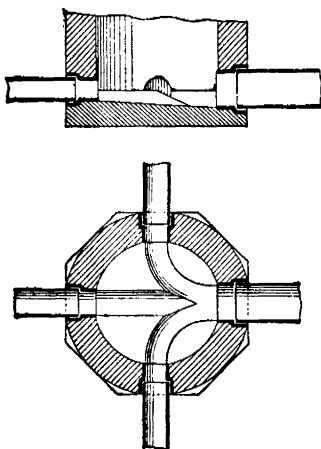


Fig. 31 und 32.

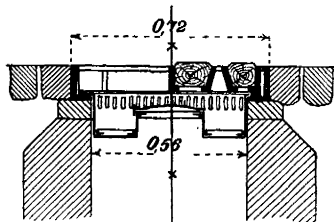


Fig. 33.

Fig. 31 und 32. Zusammführung von Kanälen.

Fig. 33. Deckel zu Einsteigeschächten.

Um eine häufige Räumung der Schlammssäcke zu erzwingen, sollen dieselben nur geringe Höhe erhalten; dies ist auch aus dem anderen Grunde zweckmäßig, daß dann heftiges Verspritzen des Schmutzwassers vermieden wird. Letzteren Zweck kann man übrigens auch durch Einlegen von Rutschflächen erreichen, über welche das Wasser ohne Absturz in den Schlammst sack abfließt. Auch wenn nur geringe Höhenunterschiede zwischen den anschließenden Röhren in den Schächten vorkommen, ist die Anlage solcher Rutschflächen zweckmäßig.

Die Einsteigeschächte zerlegen eine größere Kanallänge in Abschnitte, deren jeder für sich auf seine Funktionierung untersuchungsfähig ist. Sie bilden demnach das Mittel zu leichter Feststellung des Sitzes und der Wiederbeseitigung zeitweilig unterbrochener Betriebsfähigkeit.

Gewöhnlich haben Schächte auch dem Zwecke des Luftwechsels in den Kanälen zu dienen. Die dazu nötigen Oeffnungen in der Schacht-Abdeckung müssen aber so beschaffen sein, daß das Hineinfallen von Schmutz in die Schächte verhindert ist und auch keine Gefahren für den Straßenverkehr entstehen. Zweckmäßig ist die Einrichtung nach Fig. 33 S. 218, bei der unter dem Deckel ein ringförmiges Gefäß aus Zinkblech aufgehängt ist und die Oeffnungen im Deckel so groß sind, daß Einklemmen der Pferdehufe nicht stattfinden kann. Im Centrum des Einsatzes ist ein mit Deckel zugelegter geringer Aufsatz angeordnet, welcher als Eintrittsöffnung in den Schacht dient. Für den Luftaustritt sind nahe dem oberen Ende vom Mantel des Einsatzes senkrechte Schlitze in großer Zahl angebracht, die auch bei hoher Anfüllung von Schmutz im Einsatz noch unverdeckt bleiben.

Die Wirkung der Schächte als Lüftungsmittel wird meist so sein, daß die frische Luft durch dieselben ihren Eintritt in den Kanal nimmt; doch finden auch Umkehrungen statt. Liegen die Schächte in der Mitte nicht zu enger Straßen, so werden etwa austretende Gase, bevor sie in die unmittelbare Nähe der Häuser und in die Atmungsphäre der Straßenpassanten gelangen, so stark verdünnt, daß Belästigungen nicht entstehen können. Liegen die Schächte aber seitlich in den Gehwegen — welche Lage notwendig sein kann, sowohl wenn die Kanäle seitlich, aber auch wenn dieselben in der Straßenmitte liegen, so kann es vielleicht zweckmäßig sein, auf die Leistung der Schächte für Lüftungszwecke zu verzichten und dieselben dicht abzuschließen.

Der Abstand der Schächte ist meist durch die Lage von Straßenkreuzungen bestimmt. Es wird jedoch zweckmäßig sein, von denjenigen Stellen der Straßenkreuzungen, welche stark begangen werden, die Schächte etwas entfernt zu legen. Event. lassen sich die dem Lüftungszweck dienenden Einrichtungen vom Schacht absondern und getrennt von demselben anlegen. Es sind alsdann auch Einrichtung zur Desodorisation austretender Gase möglich, auf die jedoch nicht näher eingegangen wird, weil ihre Wirkung sehr unsicher ist. — Wo man den Abstand der Schächte frei wählen kann, nimmt man denselben bei unbesteigbaren Kanälen zu 75—100 m an; bei besteigbaren sind größere Abstände zulässig, vielleicht bis zum Doppelten und selbst mehr, wenn es sich um Kanäle von sehr großer Weite handelt. Bei der Berliner Kanalisation kommt auf je 84 m Leitungslänge 1 Schacht.

Um das Besteigen der Kanäle durch die Betriebsarbeiter zu erleichtern, werden bei großen Kanälen die Schächte nicht über, sondern neben denselben angeordnet und event. durch Tunnel mit jenen verbunden.

Einsteigeschächte sind kostspielige Teile einer Entwässerungs-Anlage; man sucht bei ihnen durch Beschränkungen der Weite möglichst zu sparen. Unter etwa 1,0 m Durchmesser kann man aber nicht hinabgehen. Ist die Schachttiefe größer als etwa 1,5 m, so ist zur Erleichterung des Besteigens eine größere Weite notwendig, etwa in dem Maße, daß der Schachtweite $\frac{1}{5} - \frac{1}{10}$ der über 1,5 m hinausgehenden Tiefe zugeschlagen wird; nach dieser Regel würde beispielsweise ein 3 m tiefer Schacht $1,0 + \frac{1,5}{5} = 1,2$ m, ein 5 m tiefer desgleichen $1,0 + \frac{3,5}{10} = 1,35$ m Weite erhalten müssen. In je 40—45 cm Höhenabstand müssen in der Schachtwand Steigeisen angebracht werden; in tiefe

Schächte wird besser eine schmale eiserne Leiter eingestellt. Sehr tiefe Schächte, die öfters bestiegen werden müssen, führt man mit einer Wendeltreppe aus.

2. Lampenlöcher u. s. w.

Bei Rohrkanälen, besonders solchen mit geringen Gefällen, pflegt man, wenn Spülung unzulänglich ist, zwischen je zwei Einsteigeschächten noch ein sogen. Lampenloch, Fig. 34, anzulegen, welches mit einer eisernen Kappe abgedeckt wird.

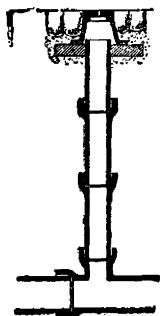


Fig. 34.
Lampenloch.

Lampenlöcher haben den Zweck, das Einhängen eines Lichtes in den Rohrquerschnitt zu ermöglichen, das bei nicht offenem Kanal nur von einem, bei offenem von beiden Enden aus gesehen werden kann und dadurch die Möglichkeit giebt, über die örtliche Lage eines Betriebshindernisses einige Gewißheit zu erlangen.

An Kanälen von so geringer Höhe, daß die Arbeiter in denselben nicht aufrecht gehen können, müssen in passenden Abständen Kammern (Nischen) angelegt werden, in denen die Arbeiter zum Ausruhen aufrecht stehen können.

XII. Einlässe (Einläufe, Gullies, Sinkkasten) und ähnliche Gegenstände.

1. Gullies.

Diese Vorrichtungen vermitteln die Aufnahme von Straßen- und Hofwassern in die Kanäle. In den Straßen liegen sie gewöhnlich unmittelbar neben den (erhöhten) Gehwegen und werden meist so eingerichtet, daß der Austritt von Kanalgasen durch einen Wasserschluß verhindert ist, daneben auch die schweren, vom Wasser mitgeführten Sinkstoffe zurückgehalten werden. Zu letzterem Zweck dient ein Schlammfang, der aber nur geringe Größe erhalten darf, um öfter gereinigt werden zu müssen, damit nicht Fäulnis von zurückgehaltenen Schmutzmengen begünstigt werde. — Uebrigens ist die Ansammlung von Schlamm-massen in den Gullies immer ein Uebelstand, den man da, wo es irgend angeht, durch Fortlassen des Schlammfanges vermeiden soll. Gullies, welche nur Regenwasser, und solche, die nur Fabrikwasser aufnehmen, die mit Schwebestoffen nur leicht verunreinigt sind, ebenso Gullies, durch die ein beständiger oder ein häufiger, kräftiger Abfluß (wie z. B. in Schlachthäusern) stattfindet, erhalten deshalb keine Schlammfänge, und ebenso läßt man dieselben da fort, wo gute Spüleinrichtungen getroffen sind.

Wo neben guter Spülung auch gute Lüftung der Kanäle eingerichtet ist, bleiben sowohl Schlammfang als auch Wasserschluß am besten fort.

Gullies innerhalb geschlossener Räume anzuordnen, wird, weil sich dabei üble Gerüche ganz besonders fühlbar machen können, gern vermieden; man ordnet in solchen Fällen innerhalb der Räume einfache

Einlässe an, welche mit den draußen liegenden Gullies auf kürzestem Wege verbunden werden.

Der Wasserschuß der Gullies ist zuweilen ungenügend, nicht nur insofern, als er — wegen zu geringer Höhe — ausgesaugt wird oder austrocknet, sondern auch, weil er für gewisse belastigende oder giftige Gase nicht undurchlässig ist; die Höhe von 8—12 cm, welche man häufig antrifft, ist im allgemeinen unzureichend. Mehr wirksam sind zweifache Wasserschlüsse, die aber nicht allzu häufig angetroffen werden (vergl. Fig. 28, S. 216).

Immer muß der Wasserschuß von Gullies im Freien tief genug liegen, um vor Frost geschützt zu sein. Tiefe Lage ist auch günstig für Zeiten langer Dürre, in welchen den Wasserschlüssen die Gefahr des Austrocknens droht. Zweckmäßig ist es, auch ohne daß letztere Gefahr den Anlaß dazu giebt, das Wasser in den Gullies öfter zu erneuern, um dasselbe nicht übelriechend werden zu lassen. Zum Abhalten des Frostes ist eine Tiefenlage des Wasserschlusses von etwa 0,7—0,8 m erwünscht; eine größere ist zwar mehr sichernd, erschwert aber die Reinigung der Schlammsäcke. Je bequemer zugänglich und je leichter reinigungsfähig die Wasserschlüsse sind, desto tiefer können sie liegen und umgekehrt.

Die Schlammsäcke müssen auch tief genug liegen, um sowohl den direkten Sonnenstrahlen, als größeren Wärmeschwankungen entzogen zu sein. Nach dieser Rücksicht empfehlen sich am meisten enge, dabei aber tiefe Gullies; wo größere Kapazität nötig ist, wird man dieselbe nur in der Tiefe geben und den Gully mit „eingeschnürtem Hals“ ausführen.

Um das Räumen der Gullies von Sinkstoffen zu erleichtern, werden letztere zuweilen in einem Eimer aufgefangen, den man auf den Boden des Gully stellt, wobei sich jedoch gewisse Beschränkungen hinsichtlich der Anordnung des Wasserschlusses ergeben.

In anderer Weise hat man die Räumung der Gullies dadurch zu erleichtern versucht, daß man die Sinkstoffe auf hochliegenden Klappen vorläufig auffängt. Die Klappen öffnen sich selbstthätig und lassen die Sinkstoffmengen in den etwas tiefer liegenden Schlammsack abgleiten, sobald die Anhäufung eine gewisse Größe erreicht hat. So wird es ermöglicht, daß die Sinkstoffe nur wenig unter Straßenoberfläche gesammelt werden, ohne daß Sonnenstrahlen direkten Zutritt zu ihnen erhalten. Die Verwendung beweglicher Teile in Gullies ist jedoch, da die Funktionierung derselben wenig gesichert ist, ein Uebelstand.

Die Herstellung der Gullies geschieht in Gußeisen, gebranntem Thon, Mauerwerk oder Beton. Ersteres rostet stark und Mauerwerk fällt bei der Kleinheit der Form leicht mangelhaft aus, ist daher nicht leicht wasserdicht. Nur bei einer gewissen Weite und nicht zu großer Tiefe der Gullies, auch bei besonders scharfer Beaufsichtigung der Arbeiter kann dieses Bedenken gegenstandslos sein. Sowohl Gullies aus gebranntem Thon als solche aus Beton, letztere aber nur wenn rationell im fabrikmäßigen Betriebe hergestellt, sind frei von den Mängeln der Ausführung in Mauerwerk und verdienen übrigens auch wegen der Leichtigkeit, mit der sie in den Boden einsenkbar sind, Empfehlung. —

Die Einführung des Wassers in den Gully erfolgt zuweilen senkrecht einfallend, zuweilen von der Seite aus; bei größerem Gefälle der Straße ist nur erstere Einführungsweise anwendbar.

Zur oberen Abdeckung des Gully dient ein kräftiger eiserner Rost, welcher da, wo Benutzung der Gullies zur Einführung ungehöriger Gegenstände zu erwarten ist — wie z. B. in der Nähe von Fabriken, in Schlächtereien u. s. w. — mit Verschuß eingerichtet werden muß. Die Spaltweite sollte nicht mehr als 2–3 cm betragen.

Die Abstände, in welchen Gullies in Straßen angeordnet werden, hängen insbesondere von dem Straßengefälle ab; je größer daselbe, um so näher müssen, wegen des vermehrten Zuflusses, die Gullies aneinander gerückt werden. Bei wenig ausgesprochenem Gefälle kann man die Gullies (jeder Straßenseite) mit 60–80 m Abstand legen; doch kommt hierbei die Beschaffenheit des Straßenpflasters in Betracht: bei gutem Pflaster können die Gullies weiter liegen als bei geringem. In Berlin kommt auf je 52 m Kanallänge 1 Gully. Man kann die Entwässerungsfläche eines Gully auf 250–500 qm rechnen. Diese Flächengröße giebt auch einen ungefähren Anhalt für die erforderliche Weite des Gully-Abflußrohres; es würden danach z. B. für 25 mm, bzw. 50 mm stündlichen Regenfall durchschnittlich:

$$\frac{25}{3600} 250 = 1,72 \text{ l bzw. } 3,44 \text{ l Wasser}$$

von dem Gully pro Sek. abzuführen sein, und in der Zeit der größten Intensität des Regens (vergl. S. 136) $2,4 \cdot 1,72 = 4,13$ und bzw. $8,26 \text{ l}$.

Bei 10 cm Rohrweite und dem relativen Gefälle $= \frac{1}{10}$ würde aber das Gully-Abflußrohr (Formeln S. 190) schon bei halber Füllung $9,8 \text{ l}$ Wasser abführen können, diese Weite also genügen. Die Rohrweite der Gullies ist daher weniger hiernach, als mit Rücksicht auf Sicherheit gegen Verstopfungen zu bestimmen und sollte danach nicht unter $12,5 \text{ cm}$ genommen werden.

Für die Wahl dieser vielleicht unnötig groß erscheinenden Weite spricht aber noch ein besonderer Umstand. Erfahrungsmäßig gelangen mit dem Straßenwasser auch gewisse Mengen von Luft in den Gully, welche angesaugt wird. Dieselbe beschränkt die Wasserabführungsfähigkeit des Gully und kann Ueberschwemmungen größerer Straßenflächen hervorrufen. Es müßte daher durch zweckmäßige Formgebung des Gully gegen das Mitreißen größerer Luftmengen bzw. durch besondere Einrichtungen für das alsbaldige Wiedereintweichen solcher gesorgt werden, wenn nicht die Einführung von Frischluft in die Straßenkanäle für den Lüftungszweck vorteilhaft wäre.

Vereinzelt sind die Gullies mit Einrichtung zur Spülung der Kanäle versehen worden, worüber Näheres unter XIII. folgt.

Nachstehend wird auf die Besonderheiten einiger Gullyformen etwas näher eingegangen.

Der Gully besteht zuweilen nur aus einem, oben etwas erweiterten Rohr mit Rostabdeckung, in dessen Hals eine Klappe nahezu senkrecht und übrigens so angeordnet ist, daß sie vor dem einlaufenden Wasser öffnet, dagegen unter dem Druck austretender Gase schließt. Der Schluß ist jedoch unvollkommen, und deswegen diese Gullykonstruktion nur da anwendbar, wo die Spülung der Kanäle eine sehr reichliche ist (Beispiel der Anwendung in Hamburg).

Einen Gully (Münchener Kanalisation) mit großem Schlamm- bzw. Geschiebe-Sack, aber ohne Wasserschluß giebt Fig. 35, einen desgl. aus

Brüssel ohne Schlamm sack, aber mit Wasserschluß Fig. 36. Letztere Konstruktion besitzt zur Spülung durch tangential gerichteten Wasserstrahl Anschluß an die öffentliche Wasserleitung. Diese — unmittelbare — Verbindung erscheint aber für die Wasserleitung nicht ganz unbedenklich. Fig. 37 giebt eine vielfach verwendete Gullykonstruktion mit Ausführung in Eisen, gegen welche der Einwand der zu hohen Lage von Schlamm sack und Wasserschluß zu erheben ist. Fig. 38 (aus Karlsruhe) Gully, aus Beton mit beweglichem Schlamm sack (Eimer) hergestellt, ist hinsichtlich seiner großen Tiefe das Gegenstück zur Konstruktion Fig. 37.

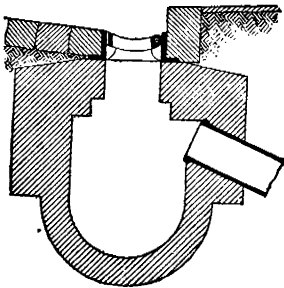


Fig. 35. Münchener Gully.

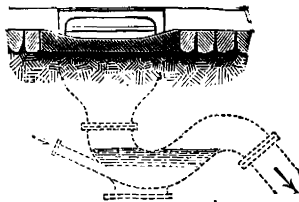


Fig. 36. Brüsseler Gully.

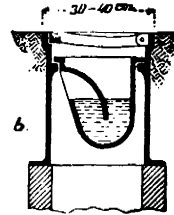


Fig. 37. Gully aus Eisen.

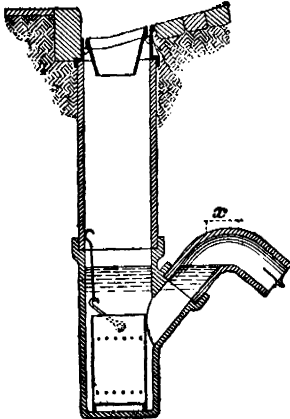


Fig. 38. Karlsruher Gully.

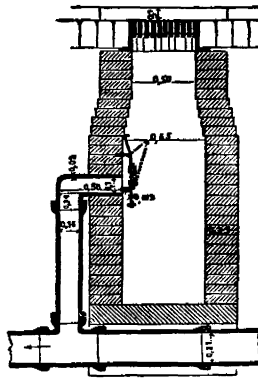
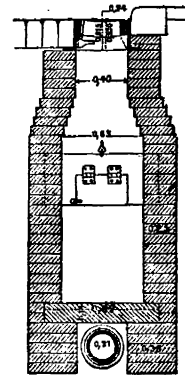
Schnitt parallel zum Straßensiel (links),
senkrecht auf das Straßensiel (rechts).
Fig. 39. Berliner Gully.

Fig. 40.

Die 4 Konstruktionen Fig. 35—38 haben das Gemeinsame, daß der Wasserschluß fest (seiner Wassersäulenhöhe nach unveränderlich) ist. Die Gullies Fig. 39, 40 von der Berliner Kanalisation, wie desgleichen der Gully Fig. 41 von der Wiesbadener Kanalisation besitzen veränderliche Wasserschlüsse, die aber sehr verschieden ausgebildet sind: In Fig. 39, 40 ist die Veränderlichkeit mittels einer in Scharnieren aufgehängten Klappe, in Fig. 41 durch einen kurzen, sogen. Krümmer (Bogenstück) hergestellt. Bei Fig. 39, 40 bilden Leichtigkeit der Handhabung und unbeschränkte

Regelbarkeit Vorzüge, während bei Fig. 41 Regelung und Räumung des Gully etwas umständlich sind, die Konstruktion aber eng zusammengedrängt ist. Gegen die Veränderlichkeit der Wasserschlüsse kann allgemein der Einwand erhoben werden, daß es möglich ist, die freilegbare Rohröffnung des Gully zur Fortschaffung lästiger Dinge zu benutzen; solche Gullies bedürfen daher sicherer Verschlüsse des Rostes.

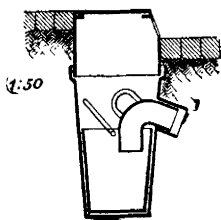


Fig. 41.
Wiesbadener Gully.

Die Gefahr der Austrocknung oder anderweitigen Zerstörung des Wasserschlusses der Gullies ist bereits oben berührt worden. Um trotz eines Vorganges letzterer Art Schutz vor dem Austritt von Kanalgasen zu schaffen, bietet sich das Mittel dar, am höchsten Punkte zwischen dem Ablaufrohr des Gully und dem Wasserschluß ein kleines Rohr abzuzweigen, welches die Gase auf geordnetem Wege ableitet. Die Einrichtung ist aber kostspielig und dem anderweit gebotenen Mittel der häufigen Auffrischung der Wasserschlüsse nachzusetzen. Eine derartige Konstruktion ist für die Charlottenburger Kanalisation vorgeschlagen, aber wohl nicht ausgeführt worden.

2. Einlässe für Regenrohre; Fetttöpfe.

An den unteren Enden von Regenrohren werden zuweilen Vorrichtungen zum Zurückhalten mitgeführter fester Teile (Moos und Trümmer von der Dachdeckung, Ruß u. s. w.) angebracht; zuweilen sind es Kasten (Schlammstöße oder auch Körbe), die in den Boden eingesenkt werden. Am meisten empfiehlt sich für diesen Zweck die Anordnung eines über Straßenhöhe liegenden und darum leicht zugänglichen Rostes.



Fig. 42.
Einlaß für
Regenrohre
(Berlin).

Fig. 42 stellt die in Berlin angewendete Konstruktion dar; dieselbe tritt nur wenig aus der Façadenflucht heraus und ist durch Öffnen eines am unteren Ende angebrachten Deckelverschlusses sehr leicht räumungsfähig. —

Vorrichtungen ähnlich den Gullies sind die sogen. Fetttöpfe, welche in häusliche Entwässerungsleitungen eingeschaltet werden und den Zweck haben, Fett- und Seifenteile zurückzuhalten, bevor diese weit in die Leitung eindringen. Da sie direkte Verbindung mit dem Freien nicht haben, ist ein Wasserschluß gegen Austritt von üblen Gerüchen nach dem Hause zu notwendig.

Fetttöpfe werden in die Ableitungen von Schlächtereien, Wurstfabriken, Seifen- und Lichtfabriken, öffentlichen Waschanstalten sowohl als größeren häuslichen Waschküchen, desgleichen in die Ableitungen von Restaurationsküchen und größeren häuslichen Kochküchen, auch sonst überall, wo der Zufluß von Wassern, welche Fette und Seifen in reichlichen Mengen enthalten, erfolgt, eingeschaltet. Für die Konstruktion der Fetttöpfe ist der Umstand bestimmend, daß die aufzunehmenden Stoffe obenauf schwimmen. Es kommt also nur

darauf an, zu verhindern, daß sie gewaltsam mitgerissen werden. Dazu ist notwendig, daß die Einleitung fett- und seifenhaltiger Wasser in die Fetttöpfe, wie desgl. die Ableitung, von der Seite aus in horizontaler Richtung geschehe. Der in der Ableitung anzuordnende Wasserschluß wird zuweilen doppelt ausgeführt. Durch Einhängen eines Korbes kann das zeitweilige Herausheben der im Fettpopf angesammelten Massen erleichtert werden.

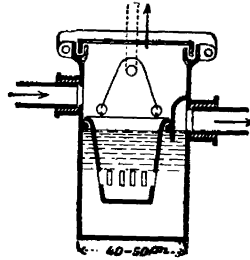


Fig. 43. Fettpopf nach Grove (Berlin).

Anlage von Straßeneinläufen, in The Builder 1881.

Einsteigeschächte und Lampenlöcher, im Scientif. American 1884.

Baumeister, *Städtisches Straßenwesen u. Städteentwässerung*, 1890.

Franzius u. Sonne, *Handb. d. Ingenieurwissensch.* 3. Bd.

XIII. Kanalspülung.

Die Spülung von Kanälen dient mehreren Zwecken, in erster Linie der Reinhaltung derselben, worunter nicht nur die Vermeidung von dauernden Ablagerungen auf der Kanalsole, sondern auch die Fernhaltung gröberer Verunreinigungen (anklebenden Schmutzes) von den Kanalwänden zu verstehen ist. Namentlich vermöge letzterer Wirkung ist Spülung wichtig für Reinhaltung der Luft in den Kanälen, so daß die Kanalspülung die Kanallüftung bis zu einem gewissen Grade vertreten kann. Auch in der anderen Weise, daß mit dem Spülwasser (vermöge Saugwirkung) gewisse Mengen atmosphärischer Luft in die Kanäle hineingeführt werden, kann Spülung von besonderer Bedeutung für den Lüftungszweck der Kanäle sein (vergl. hierüber unter XIV). Spülung ist endlich auf die Erhaltung der Kanäle von einem gewissen Einfluß.

Spülwasser werden entweder als sogen. fremdes Wasser den Kanälen von außen zugeführt oder in den Kanälen selbst durch Aufstau gewonnen. Fremdes Spülwasser ist vorzuziehen, weil Reinheit des Spülwassers von großer Bedeutung ist.

Spülwasser kann zu Gebote stehen:

a) in offenen, natürlichen Behältern, Teichen, Seen, Flußläufen, welche am oberen Ende der Kanäle liegen, bezw. in deren Nähe vorbeiführen. Die Einlässe und die Zuleitung des Spülwassers zum Kanalwasser müssen so gestaltet werden, daß keine gröberen Gegenstände hineingelangen können. Für diesen Zweck muß die Einlaßöffnung in einer gewissen Tiefe unter dem Spiegel des Spülwasser-Behälters angeordnet werden, das Wasser also die Richtung nach oben nehmen. Zum Schutz vor Ueberschwemmungen ist der Verschluß der Einlaßöffnung doppelt anzulegen und zum Schutz vor gewaltsamen Zerstörungen die ganze Anlage mit nach der Oertlichkeit wechselnden Sicherungsvorkehrungen zu umgeben. Bei Entnahme aus einem Fluß ist es oft möglich, das Spülwasser mit dem Kanalwasser zusammen am untersten Punkte der Kanäle wieder an den Fluß zurückzugeben. Es kann auch der Fall eintreten, daß ein

Kanal den in geschlossenem Profil fließenden Wasserlauf auf einer längeren Strecke begleitet und bei zeitweilig hohen Spiegelständen des letzteren Spülwasser in den Kanal selbstthätig übertritt, umgekehrt bei hohen Wasserständen im Kanal auch ein selbstthätiger Uebertritt seines Wassers in den Flußlauf erfolgt. Ein betr. Beispiel wird unter XV angeführt.

b) Aus künstlich geschaffenen Behältern (Spülgalerien) am oberen Ende der Kanäle, die entweder aus in der Nähe liegenden oder vorbeipassierenden offenen Gewässern gefüllt werden, oder in denen dauernd eine Aufspeicherung von Grundwasser (das etwa durch Drainagen gewonnen wird) stattfindet, oder die sich gelegentlich durch Regenwasser füllen. Verwandt hiermit ist die Benutzung des Flutintervalls in Orten an der Seeküste, wenn man entweder das Hochwasser bei einem gewissen Stande in bestimmten Mengen frei in die Kanäle eintreten läßt, oder das Spülwasser aus Becken (großen Bassins) entnimmt, in denen mittels Schleusenanlagen dauernd ein mit dem Flutstande des Meeres gleich hochliegender Wasserspiegel erhalten wird.

c) Direkt aus der öffentlichen Wasserleitung oder aus Zuleitungen von Triebwerken, aus welchen entweder zeitweilig überschüssig geführte Mengen freiwillig in die Kanäle abfließen, oder von Zeit zu Zeit bestimmte Mengen abgelassen werden. Hierher rechnet auch die Einleitung gekühlter Kondensationswasser aus gewerblichen Betrieben u. s. w. Oder es findet indirekte Entnahme statt, indem man den Kanälen die Abflußwasser von Springbrunnen u. s. w. zuleitet. Auch die sogen. Grundablässe (Entleerungsleitungen) des Wasserrohrnetzes pflegt man, wenn möglich, zu Spülzwecken mit dem Kanalnetz zu verbinden.

d) Aus sogen. eigenen Wassern der Kanäle, wobei zu unterscheiden ist: ob a) das Wasser höher liegender Kanäle zeitweilig in andere mit tieferer Lage abgelassen wird (vergl. unter IX.) oder b) zeitweilig Wasseraufstau stattfindet, den man zum Spülen einer zunächst thalwärts liegenden Kanalstrecke benutzt. Solcher Aufstau in den Kanälen ist, auch wenn dieselben tief genug liegen, damit nicht der Eintritt von Wasser in die Keller der angeschlossenen Grundstücke gefürchtet zu werden braucht, leicht mit dem Uebelstande verbunden, daß gewisse Mengen von Kanalgasen durch die Anschlußleitungen in die Häuser mit einer gewissen Pressung hinein gedrängt werden können. Spüleinrichtungen dieser Art sind daher, auch abgesehen von der Unzulänglichkeit der Wassermenge, nur als Nothhelfe anzusehen.

Zeitweilig treten sehr wirksame Spülungen durch die Wasser größerer Regenfälle ein. Da denselben indessen die Regelmäßigkeit fehlt, so müssen in Zwischenzeiten künstliche Spülungen zu Hilfe genommen werden. Die Erfahrung lehrt, daß Kanalisationsleitungen ganz ohne solche nicht ausreichend rein gehalten werden können. Immerhin bestehen, je nach der Beschaffenheit der Abwässer, nach dem Kanalgefälle, den Profilen, nach Häufigkeit und Größe der Regenfälle und nach noch anderen Ursachen sehr große Unterschiede in dem Erfordernis künstlicher Spülung. Nur die Erfahrung kann in jedem einzelnen Falle sicheren Anhalt bieten, und es kommt daher Angaben, wie z. B. der, daß für 1 ha Größe des kanalisierten Gebiets in künstlichen Spülbehältern ein Fassungsraum von 4—6 cbm oder auch für 1 km Kanallänge die Spülwassermenge von 1000—2000 cbm pro Jahr nötig sei, nur eine ganz allgemeine Bedeutung zu. Wie es Fälle, bezw. Jahre giebt, daß für 1 km Kanallänge 100 cbm Wasser und weniger ausreichen, kann es auch andere geben, daß 2000 cbm noch ungenügend

sind. In Berlin beträgt die Spülwassermenge pro 1 km Kanallänge etwa 1600 cbm.

In dem analytischen Ausdruck für die Spülkraft:

$$S = \frac{Q}{g} \frac{v^2}{2}$$

ist das Hauptgewicht auf die Wassermenge Q zu legen, um eine gewisse Nachhaltigkeit der Wirkung zu schaffen. Aber um schwere Sinkstoffe mit fortzuführen, darf auch die Geschwindigkeit v nicht zu klein sein. Hierzu sind die betr. Angaben unter VII und VIII zu vergleichen.

Das Gefälle des Spülstromspiegels bildet sich selbstthätig und abweichend von dem gewöhnlichen Wasserspiegel der Kanäle aus. Passend kann der Spülstrom als Spülwelle bezeichnet werden, da auch bei ihm mit der zurückgelegten Wegeslänge eine Abschwächung stattfindet. Wie lang der Weg, bis die im Spülstrom enthaltene Energie erschöpft ist, kann nur in jedem Falle praktisch erprobt werden. In Paris hat man zur Spülung der Kanäle großen Querschnitts Spülbassins von 10 cbm Fassung angelegt, deren Wirkung sich bis 250 m weit erstrecken soll, welchen Abstand die Spülbecken daher erhalten haben.

Um dem Spülstrom aufgestauten Wassers nichts von seiner Wirkung zu nehmen, müssen die Spülvorrichtungen zum plötzlichen (ruckweisen) Öffnen großer Querschnitte eingerichtet sein. Hierbei werden Thüren, Schieber, Klappen, Ventile oder Stöpsel benutzt; immer handelt es sich um einfache Probleme der Mechanik, deren zweckmäßigste Lösung nach örtlichen Besonderheiten zu erstreben ist.

Eine Spüleinrichtung mittels Schacht giebt Fig. 44. Die Aufstauklappe ist zum Bedienen von Hand eingerichtet; um aber Sicherheit gegen zu hohes Anstauen des Wassers, etwa infolge Unachtsamkeit des Arbeiters zu schaffen, ist ein Ueberlauf angeordnet, der die Stauhöhe begrenzt.

Mehr Wirksamkeit übt der Spülstrom bei der Einrichtung des Spülschachtes nach Fig. 45 (Wiesbadener Kanalisation). Die Anordnung eines Absturzes, wie hier, ist aber nur da möglich, wo reichliches Gefälle zur Verfügung steht; dieselbe sichert die obere Haltung vollständig vor Rückstau.

Schließt das Ablaufrohr im Centrum der Schachtsohle an, so wird anstatt eines Schiebers besser ein Ventil mit dicker, hoher Stange benutzt, letzteres um den Wasserdruck auf das Ventil aufzuheben.

Selbstthätige Einrichtungen (mit Schwimmer) zum Öffnen von Klappen oder Ventilen, nachdem der Spiegelstand im Schacht eine gewisse Höhe erreicht hat, sind in der Funktionierung nicht immer verlässlich genug; doch kommen solche Einrichtungen in mannigfachen Formen vor, z. B. so, daß ein Schwimmgefäß, nachdem es gemeinsam mit dem im Schacht angestiegenen Wasserspiegel eine bestimmte Höhenstellung erreicht hat, festgehalten wird, sich infolge davon füllt und nun sinkt oder kippt, wodurch die Öffnung im Boden frei gemacht wird. Erwähnenswert unter diesen Konstruktionen sind diejenigen von Geiger und Frühling, insofern als in denselben sowohl reines als auch das unreine Wasser

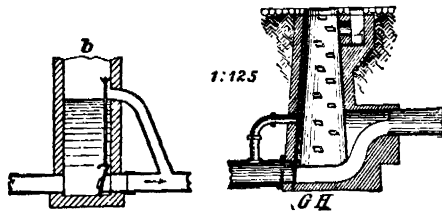


Fig. 44.

Fig. 45.

Spüleinrichtung für Kanäle.

der Kanäle selbst zum Spülen benutzt werden kann. Eine anderweite Ausführung bilden sogen. Kippspüler: nach der Form einer umgekehrten Pyramide gestaltete eiserne Kasten, welche im leeren Zustande sich selbstthätig senkrecht einstellen und nach Füllung — mit fremden Wasser bis zu einer gewissen Höhe — kippen. Die Größe des Kippgefäßes ist nur eine beschränkte. Man kann den Apparat aber dadurch leistungsfähig machen, daß man mehrere Gefäße auf einer und derselben Achse anordnet, welche sich nacheinander füllen und gemeinsam kippen, wenn das letzte Gefäß seine Füllung erlangt hat (Scott'scher Apparat). Oder auch so, daß man das Kippgefäß mit einem größeren Behälter verbindet, der infolge des Kippens entleert wird (Konstruktion Knauff).

Eine große Gruppe von Spülapparaten benutzt das Heberprinzip, wobei in dem einen Schenkel von zwei verbundenen Rohren Luftverdünnung

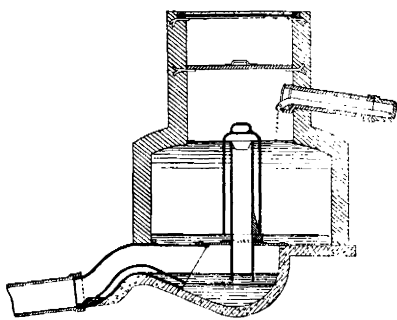


Fig. 46. Spülapparat nach Rogers Field.

dauernd erhalten wird. Die erste Einrichtung dieser Art ist von Rogers Field angegeben worden. Fig. 46 stellt den Apparat in der besonderen Durchbildungsweise dar, wie er in Paris für einen Inhalt bis 10 cbm angewendet wird. Ueber ein senkrecht, an beiden Enden offenes Rohr, welches durch den Boden des Spülbehälters in die Wasserfüllung eines unten angeordneten schalenförmigen Behälters hinabreicht, ist eine Glocke, die den zweiten Heberarm bildet, so gestülpt, daß das Wasser zu dem Raume unter der Glocke freien Zu-

tritt hat. Der Behälter wird von einem Rohr der städtischen Wasserleitung gespeist, dessen Hahnverschluß so gestellt ist, daß jener in einer gewissen Zeit (3—4—n-mal in 24 Stunden) gefüllt wird. Jedesmal, wenn der Wasserspiegel den oberen Rand des centralen Rohres überschreitet, beginnt der Heberapparat sein Spiel und stürzt alsdann der Inhalt des Behälters in den Kanal hinab. Um zu verhindern, daß bei der Heftigkeit der Entleerung das untere Ende des Hebers freigelegt werde und Luft in denselben eintritt, ist am Ausflußbecken eine Einrichtung angebracht, welche die dazu erforderliche Wassermenge in der Schale festhält, bezw. in sie zurückführt.

Ganz ähnlich sind die Spülapparate nach den Konstruktionen von Cuntz und von van Vranken; nur daß bei diesem für die Sicherung des Eintritts der Heberwirkung noch besondere Einrichtungen getroffen sind, weil die Erfahrung gezeigt hat, daß der Heber seine Wirkung zuweilen versagt; eine fast unmittelbare Nachbildung des Field'schen Apparates wird von der Hallberger Hütte geliefert.

Je weiter die Spülvorrichtungen auseinanderliegen, um so größere Kapazität müssen dieselben erhalten. Dies hat auf den Gedanken geführt, die Gullies, welche nur wenig weit auseinander liegen, mit Spülbehältern auszustatten, die dabei entsprechend klein sein können. Ausführung in Kaiserslautern nach den Konstruktionen von Teinturier-Bindewald.

Dem Zweck, zu spülen und gleichzeitig die im Kanal abgelagerten Sinkstoffe nach bestimmten Stellen fortzuschieben, dient ein

großes, schaufelartiges Gerät (Schild), welches das Kanalprofil mit nur geringem Spielraum am Umfange ausfüllt, zuweilen auch bei engem Anschluß in der Mitte einen senkrechten Schlitz hat. Wird dieser Schild auf einem Schwimmgefäß oder einem Wagen montiert und im Kanal thalwärts geführt, so schiebt er die Sinkstoffe vor sich her, während hinter ihm ein gewisser Aufstau des Wassers stattfindet, der in dem engen Spalt zwischen dem Umfange des Schildes und der Kanalwand einen kräftigen Spülstrom erzeugt. Die Sinkstoffe werden in Bewegung gesetzt und zu bestimmten Stellen geführt, an denen sie zu Tage zu fördern sind. Damit der auf einem Schwimmgefäß montierte Schild auch bei ungleichen Spiegelständen im Kanal sich dem Kanalprofil anschließen könne, muß derselbe der Höhe nach verstellbar sein.

Beim Montieren des Schildes auf einem Wagen, was am häufigsten vorkommt, muß der Kanal zweiseitige Bankette oder auch Laufschieben in bestimmter Höhe an der Wand erhalten. Die erste Anwendung hat der Schild, soviel bekannt, in Paris gefunden; später ist derselbe in Brüssel und danach in Berlin beim Entwässerungsbetriebe eingeführt worden, in letzterer Stadt auch für Spülung von Leitungen aus Thonröhren.

Ueber größtenteils selbstthätige Spülanlagen im Centralbl. d. Bauverwaltung (1884), *Gesundheitsingen.* (1884, 1886, 1887, 1890, 1892); *Dingler's Polytechn. Journal* (1884, 1885), 257. Bd.; *Journal f. Gasbel. u. s. w.* (1886); *The Engineer* (1885); *Revue industr.* (1885); *Génie civil* (1886); *Engineering and Building Record* (1889). *Vorrichtungen zum Reinigen niedriger gemauerter Kanäle, in Engineering News* (1885).

XIV. Luftwechsel in den Kanälen.

1. Gründe für Erneuerung der Kanalluft.

Zum Luftwechsel (Lufterneuerung) in den Kanälen bedarf es der Verbindung des Kanal-Innern mit der Außenluft. Wenn diese Verbindungen so angeordnet sind, daß der Austritt der Kanalluft in größerer Höhe oder auch sonstwo an Stellen stattfindet, die von Verkehrsstätten weit genug entfernt sind, damit bis zur Erreichung derselben eine starke Verdünnung der Kanalluft durch Mischung mit atmosphärischer Luft geschehen kann, ist Schädlichkeiten der Kanalgaase ausreichend vorgebeugt. Liegen aber die Austrittsstellen der Kanalgaase nahe an Häusern oder Fenstern oder gar in Häusern selbst, so sind schon unter günstigen Umständen Belästigungen zu erwarten. Es hat auch das Vorkommen solcher Fälle den Grund dafür geliefert, den Luftwechsel in Kanälen an sich als schädlich zu erklären und, entsprechend, vollständige Verhinderung desselben zu verlangen. Eine Nutzenanwendung aus dieser Forderung sehen wir in den „Trennsystemen“ gezogen, wenngleich dabei andere erheblichere Gründe mitgewirkt haben (vergl. unter IV und V). Freilich kann es Fälle geben, wo Lüftungseinrichtungen der Kanäle entbehrlich sind und wo es rationell ist, Verbindungen des Kanalinnern mit der Außenluft zu unterlassen.

Unter XIII ist der unmittelbare Zusammenhang, welcher zwischen Kanalspülung und Kanallüftung besteht, hervorgehoben worden. Es ist nicht überflüssig, dieser Beziehung hier noch einmal zu gedenken und darauf aufmerksam zu machen, daß da, wo Anlage und Betrieb der Kanäle so beschaffen sind, daß Sohle und Wände derselben sich rein halten, auf Luftwechsel in den Kanälen vielleicht verzichtet werden kann. Indes werden die Voraussetzungen dafür nur selten erfüllt sein. Da, wo dies

nicht mit absoluter Sicherheit anzunehmen ist, wird man den gesundheitlichen Interessen durch eine „offene lüftbare Anlage“ besser dienen als durch mehr oder weniger von der freien Luft abgeschlossene, weil die Bildung von Gasen nie ganz zu verhindern ist und solche bei geschlossener Anlage Unrechtwege einschlagen können. Im allgemeinen ist es daher unthunlich, auf Luftwechsel in den Kanälen zu verzichten; vielmehr wird man sich, umgekehrt, die Aufgabe stellen müssen, denselben so ausgiebig als möglich zu gestalten, d. h. so viel frische Luft als möglich in die Kanäle hineinzuführen und andererseits der Kanalluft Gelegenheit zu geben, auf geordneten Wegen das Freie zu erreichen.

Die Notwendigkeit der häufigen Kanalluft-Erneuerung besteht aber nicht nur, um die Luft über Straßenoberfläche und in den abgeschlossenen Häusern rein zu erhalten, sondern es tritt dafür der fernere Grund ein, der Luft in den Kanälen selbst diejenige Beschaffenheit zu sichern, damit die im Entwässerungsbetriebe beschäftigten Arbeiter beim Öffnen von Verschlüssen und Betreten von Kanälen nicht gesundheitlichen Gefahren unterworfen sind. Solche sind aber zuweilen unabsichtlich überschätzt worden, indem man Fälle von Tötungen durch Einatmen giftiger Gase Entwässerungskanälen zur Last gelegt hat, wo es sich nicht um solche, sondern um Gase aus Abtrittsgruben handelte. Es sollte bei Mitteilung solcher Fälle daher nicht unterschiedlos von Kloakengasen gesprochen, sondern zwischen Kanalgasen und Kloaken-(Abtrittsgruben-)Gasen unterschieden werden. Die Erfahrung lehrt, daß in gut gelüfteten Kanälen die Arbeiter weder plötzlich auftretenden, noch schleichenden Gefahren, noch der Infektionsgefahr unterstehen, vielmehr ihren Dienst durch lange Jahre ohne Beschwer versehen können, vorausgesetzt nur, daß sie von normalem Gesundheitszustande sind, zeitweilig Auswechselungen derselben stattfinden und es beim Betreten von nicht regelmäßig geöffneten Kanals Strecken oder Schächten nicht an den nötigen Vorsichtsmaßregeln fehlen lassen. Zu letzteren gehört namentlich, daß vor dem Betreten eine zweite zunächst liegende Kanalöffnung frei gemacht werde, damit ein durchgehender Luftstrom sich einstellen könne. In besonderen Fällen wird die Einführung von Wasser mittels eines Schlauchs, das Entzünden eines Flackerfeuers u. s. w. gute Dienste thun.

Wo in Kanälen Gasleitungen liegen, wird man mit der Möglichkeit rechnen müssen, daß an gewissen Stellen Leuchtgasansammlungen und Knallgasbildungen stattfinden.

Die Gefährdung beim Betreten von Kanälen scheint speziell der Anwesenheit von Schwefelwasserstoff zugeschrieben werden zu müssen. H_2S soll schon in der geringen Menge von 1,0–1,2 pro Tausend unmittelbar tödlich wirken können; bei 0,7–0,8 p. M., wenn die Einatmung mehrere Stunden andauert, lebensgefährlich sein; kleine Mengen, dauernd eingeatmet, können auch chronische Gesundheitsaffektionen herbeiführen.

Uebrigens ist das Kapitel von den Kanalgasen ein viel behandeltes, ohne daß jedoch bisher darin ein endgiltiger Abschluß erreicht worden wäre. In England besonders erfreut sich die sogen. Kanalgastrheorie, d. h. die Ansicht, daß durch die Kanalgastr Infektionskrankheiten ausgebreitet werden, heute noch großer Anerkennung und es zeigen die dortigen Anlagen dementsprechende Abweichungen von den in Deutschland meist üblichen. Eine zusammenfassende größere Mitteilung

über vorgekommene Vergiftungen durch Gase aus Kanälen und Abtritten ist unter der Spezialliteratur angegeben. Zwei dort nicht mitgeteilte Fälle liegen aus London, 1862, und Paris, 1880, vor; in beiden Fällen haben je 4 Arbeiter in Kanälen ihr Leben eingebüßt.

Ein weiterer Grund, der für Schaffung von Luftwechsel in Kanälen spricht, ist der, daß derselbe örtliche Ansammlung von Gasen mit höherer Spannung als Atmosphärendruck verhindert. Durch die Regenrohre und sonstwie werden große Luftmengen in die Kanäle geführt. Jedes Kanalnetz besitzt aber Stellen (sogen. tote Winkel und Ecken), in denen sich atmosphärische Luft und Gase sammeln und übernormale Spannungen erreichen können, die zu Zeiten höherer Wasserstände in den Kanälen den Wasserabfluß stark verzögern, auch den Kanälen selbst gefährlich werden oder Unrechtwege einschlagen können. Mißstände dieser Art werden durch öftere Verbindungen des Kanalinnern mit der freien Atmosphäre, bezw. einen kräftigen Luftwechsel desselben, ausgeschlossen.

Endlich dient der Sauerstoff der eingeführten Frischluft zur Oxydation der an den frei liegenden Teilen der Kanalwand abgesetzten organischen Stoffe und unterstützt vielleicht auch die Oxydation der im Kanalwasser enthaltenen gleichartigen Stoffe.

Ob außer den giftigen Gasen in der Kanalluft auch den Mikroorganismen eine erhebliche Bedeutung zukommt, ist zweifelhaft. Miquel hat über die Mikrobenzahl in der Luft einiger Pariser Kanäle mit guter Wasserführung Beobachtungen angestellt, nach denen jene Zahl nicht groß ist, geringer als in der Luft von Krankenhäusern und viel geringer als in der Luft von Straßen mit großem Verkehr. Ein kräftiger Luftwechsel in den Kanälen wird aber dem mikroskopischen Leben in der Kanalluft wohl nicht günstig sein. Es würden hier auch nur die pathogenen Mikroben Aufmerksamkeit verdienen, von welchen in Kanälen allem Anschein nach nicht so viel zu fürchten ist, als früher oft angenommen ward (vergl. unter III, 4).

2. Ursachen und Mittel für den Luftwechsel in Kanälen.

Der Vorgang des Luftaustausches zwischen dem Kanalinnern und der freien Luft (bezw. der Luft geschlossener Räume) vollzieht sich unter einer gewissen Mitwirkung auch chemischer Ursachen. Hauptsächlich sind es aber Faktoren physikalischer Natur, welche Luftbewegungen hervorrufen, und zwar: Temperatur- und Feuchtigkeits-Unterschiede; die Wirkung von über Kanalöffnungen fortgehenden Luftströmungen, die Wasserströmung im Kanal selbst; die Höhenunterschiede in den Luftsäulen, welche zwischen den Wasserspiegeln am oberen und unteren Ende eines Kanals bestehen, d. h. das absolute Gefälle desselben. Als Ursache chemischer Natur ist der durch ungleiche Zusammensetzung der Kanalluft und der Luft des Freien bewirkte Unterschied in den spezifischen Gewichten anzuführen. Die Kanalwasser geben an die Kanalluft mehrere Gasarten ab, unter welchen aber nur Kohlensäure, Schwefelwasserstoff und Ammoniak von einer gewissen Bedeutung sind.

a) Einfluss des Feuchtigkeitsgehalts der Kanalluft.

Atmosphärische trockene Luft wiegt (g pro 1 l, oder kg pro 1 cbm) bei der Temperatur t und 760 mm Barometerdruck:

$$\frac{1,2932}{1 + 0,003665 t}$$

Trockene Luft kommt im Freien nicht vor; immer ist in der freien Luft Dampf von einer gewissen Spannung (T) enthalten, welche einen Teil des Gesamtdrucks der Luft ausmacht; durch Fortnahme des Dampfes wird der Luftdruck um die Größe der Dampfspannung vermindert. Daher wird sich der analytische Ausdruck für das Einheitsgewicht der — feuchten — Luft des Freien zusammensetzen müssen aus einem Summanden, welcher das Gewicht derjenigen Menge trockener Luft, die in dem Einheitsvolumen eines Gemisches von trockener Luft und Dampf enthalten ist, als Funktion von t und T angiebt, und einem zweiten Summanden, der das (der Temperatur t und Spannung T entsprechende) Dampfgewicht (g) dieser Luftmenge darstellt.

Bei dem geringen Wechsel, den das Dampfgewicht mit der Spannung T erleidet, darf jenes unabhängig davon zu 0,6625 g (pro l oder kg pro cbm) angenommen werden, wonach das Dampfgewicht nur noch abhängig von der — mit der Temperatur t wechselnden — Dampfmenge bleibt. Dem Vorstehenden entspricht folgender Ausdruck für das Einheitsgewicht feuchter Luft:

$$G = \frac{1,2932}{1 + 0,003665 t} \cdot \frac{760 - T}{760} + g$$

Wird nach diesem Ausdruck eine Tabelle für das Temperaturintervall von -20° bis $+20^{\circ}$ berechnet, so ersieht man, daß das Einheitsgewicht von Luft infolge zunehmender Temperatur sich vermindert:

im Temperatur- intervall	durchschnittlich für 1° bei				Feuchtigkeit
	Trockenheit der Luft	35 %	70 %	100 %	
— 20 bis + 1° + 1 bis + 20°	5,1 4,4	5,1 4,6	5,1 4,7	5,2 4,8	} g pr. l oder kg pr. cbm
Für das ganze Temperaturintervall					
— 20 bis + 20°	190,6	193,8	196,9	199,7	,,
=	13,6	13,9	14,1	14,3	
					Prozent

Die auf 1° Temperaturunterschied treffende Gewichtsabnahme wird danach mit der Temperatur ein wenig geringer. Wie weit bei der Gewichtsabnahme der Feuchtigkeitsgehalt mitwirkt, läßt im ungefähren folgende Tabelle erkennen, welche angiebt, um wie viel das Gewicht von Luft derselben Temperatur sich infolge Feuchtigkeitszunahme durchschnittlich für 1° vermindert.

im Temperatur- intervall	Feuchtigkeitsgehalt			
	35 %	70 %	100 %	
-20° bis $+1^{\circ}$	1,1	2,2	3,1	} g pr. l oder kg pr. cbm
$+1^{\circ}$ bis $+20^{\circ}$	2,5	5,1	7,2	
-20° bis $+20^{\circ}$	1,8	3,7	5,2	

Die Gewichtsabnahme der Luft infolge Feuchtigkeitszunahme wächst also mit steigender Temperatur.

Bei Zunahme sowohl von Temperatur als Feuchtigkeit wirken beide Faktoren zwar im gleichen Sinne vermindern auf das Luftgewicht; es übt aber bei der höheren Temperatur der Feuchtigkeitsgehalt den überwiegenden Einfluß um so mehr, als dieser steigt, während der Einfluß der Temperatur sich vermindert. Die Luft warm liegender Rohre, deren innere Wandseite dauernd feucht ist, wird daher einen stärkeren Auftrieb durch die Luft des Freien erleiden als ein warm liegendes Rohr mit trockener Innenwand.

b) Chemische Ursachen.

Inwieweit das Luftgewicht durch den Gehalt der Luft an Kohlensäure, Ammoniak und Schwefelwasserstoff Änderungen erleidet, ergibt sich aus den (Liter-)Gewichten dieser Gase:

Kohlensäure (CO_2)	bei 0° Temp. u. 760 mm Barometerdruck	2,0587 g
Schwefelwasserstoff (H_2S)	" " " " "	2,2967 "
Ammoniak (NH_3)	" " " " "	0,6725 "

Für die freie Luft mag — für den Zweck des hier beabsichtigten Vergleichs — der CO_2 -Gehalt durchschnittlich zu 0,35 l, für die Luft geschlossener Räume (doppelt so hoch) zu 0,7 l pro 1000 l angenommen werden; öfter werden auch 0,4 bezw. 1 l anstatt dieser Zahlen gesetzt. In der Luft der Münchener Kanäle fand Beetz 2,172—4,427 CO_2 . Anderweitig sind sowohl geringere als höhere Werte von CO_2 in Kanalluft beobachtet worden, so z. B. in London 1,0—5,2 l. Als Durchschnittssatz mögen hier, wo der Zweck nur auf Gewinnung einer vergleichenden Anschauung gerichtet ist, 3,5 l gesetzt werden.

Da die Mengen von H_2S und NH_3 selbst in stark verunreinigter Kanalluft immer nur minimal sind, kann der Einfluß derselben hier ohne einen merklichen Fehler zu begehen, außer Betracht gelassen werden.

c) Vereinigter Einfluss der Feuchtigkeit und der chemischen Wirkungen.

Nach den vorangestellten Zahlen gilt für einen speziellen Fall folgender Vergleich:

Bei 3,5 l CO_2 in 1000 l Luft würde letztere 0,9965 cbm Raum einnehmen.

Bei 8° Temp. wiegt diese Menge in wassergesättigtem Zustande	0,9965 · 1,2507 = 1,2463 kg
3,5 l Kohlensäure wiegen	= 0,0072 "
daher das Gewicht von 1 cbm der vorausgesetzten Beschaffenheit	= 1,2535 kg

Da aber 1 cbm kohlensäurefreie Luft von 8° Temp. und 35 % Feuchtigkeitsgehalt 1,2543 kg wiegt, so reicht der geringe Anteil von 3,5‰ CO_2 in einer um 65 Proz. mit Feuchtigkeit höher gesättigten Luft fast vollständig aus, um das Mindergewicht dieser Luft zu kompensieren.

Da in der Regel mit steigender Temperatur der Kanalluft gleichzeitig der Dampf- und Kohlensäuregehalt wachsen wird, kann ohne größere Ungenauigkeit angenommen werden, daß dadurch die stattfindenden Gewichtsschwankungen der Kanalluft stets einen gewissen Ausgleich finden, das Gewicht der Kanalluft also einigermaßen konstant ist. Diese Annahme erscheint um so mehr zulässig, als die Temperaturschwankungen der Kanalluft sich nur in engen Grenzen bewegen. Danach scheidet neben den chemischen Ursachen auch der Feuchtigkeitsgehalt der Kanalluft als bewegende Kraft derselben ziemlich aus, wonach als solche nur Temperaturdifferenzen verbleiben.

Will man aber den Einfluß der Feuchtigkeit genau verfolgen, so stehen dem, wenn nur bestimmte Annahmen über Lufttemperaturen und Feuchtigkeitsgehalt gemacht werden, keinerlei Schwierigkeiten entgegen.

Angenähertes über den Gewichtsunterschied zwischen Kanalluft und Außenluft nach Temperatur und Feuchtigkeit und bei bestimmten Annahmen über die CO_2 -Menge ergibt eine Tabelle, welche man erhält, wenn man den verschiedenen Jahreszeiten entsprechende Annahmen über Temperatur und Feuchtigkeit macht. Eine solche Tabelle, folgt nachstehend:

Jahreszeit	Luftart	Temperatur	Feuchtigkeit	Gewicht der Luft	Kohlensäure	Gesamtgewicht pr. cbm
Sommer	im Freien	20	70	1,1969	0,00072	1,1976
	in geschlossen. Räumen	16	35	1,2183	0,0014	1,2197
	Kanalluft	10	100	1,2406	0,0072	1,2470
Frühling und Herbst	im Freien	5	70	1,2663	0,00072	1,2670
	in geschlossen. Räumen	18	35	1,2093	0,0014	1,2107
	Kanalluft	8	100	1,2507	0,0072	1,2579
Winter	im Freien	-10	70	1,3405	0,00072	1,3412
	in geschlossen. Räumen	20	35	1,2009	0,0014	1,2023
	Kanalluft	5	100	1,2648	0,0072	1,2720

Nach der Tabelle tritt der Einfluß des CO_2 -Gehalts auf das Gewicht der Kanalluft zurück gegenüber dem Einfluß der Feuchtigkeit.

Wird die Luft des Freien bzw. diejenige geschlossener Räume als in den beiden Schenkeln kommunizierender Röhren liegend und die Kanalluft als zwischen den beiden Schenkeln befindlich gedacht (so daß in allen Fällen die Kanalluft die tiefste Stelle einnimmt), so findet nach der obigen Tabelle (da, wo die derselben zu Grunde liegenden Annahmen erfüllt sind), bei Sommertemperaturen in dem von der Luft der geschlossenen Räume erfüllten Schenkel ein Ueberdruck von $1,2197 - 1,1976 = 22,1 \text{ g}$ ($= 0,0221 \text{ mm Wassersäulenhöhe}$) statt, der auf eine Bewegung der Luft aus den Häusern durch den Kanal ins Freie wirkt.

Umgekehrt gestaltet sich das Bild in den übrigen Jahreszeiten: Im Frühling, Herbst und Winter ist Ueberdruck der Außenluft über die Luft der geschlossenen Räume vorhanden und derselbe beträgt im Frühling und Herbst 56,3 g (= 0,0563 mm Wassersäulenhöhe). Im Winter ist der Ueberdruck 138,9 g (= 0,1389 mm Wassersäulenhöhe).

Abgesehen von der Sommerzeit wird also die niedere Temperatur der Außenluft im Sinne einer Bewegung durch die Kanäle in die Häuser wirken.

Mit Hilfe der allgemeinen Gleichung

$$v = \sqrt{2gh \cdot 733}$$

in welcher g die Erdbacceleration (= 9,81 m) und h in Metern Wassersäule zu verstehen ist, läßt sich ein angenähertes Bild von der durch jene Ueberdrücke erzeugten Luftgeschwindigkeit gewinnen. Man findet aus derselben:

für die Sommerzeit	$v_1 = 0,579$ m
für die Frühlings- und Herbstzeit	$v_2 = 0,923$ m
für die Winterszeit	$v_3 = 1,453$ m

Da aber die obige Gleichung die Reibungs- und sonstigen Widerstände unberücksichtigt läßt, sind die berechneten Werte zu hoch. Man wird in vielen Fällen nicht weit fehl gehen, wenn man für jene Widerstände 50 Proz. in Abrechnung bringt. Dafür ergibt sich:

zur Sommerszeit	$v_I = 0,285$ m
zur Frühlings- und Herbstzeit	$v_{II} = 0,462$ m
zur Winterszeit	$v_{III} = 0,727$ m

Hierzu will aber beachtet sein, daß zwischen der Außenluft und der Luft geschlossener Räume die Kanalluft liegt, welche (vergl. Tabelle) im Frühling, Herbst und Winter ein Gewicht hat, welches demjenigen der Außenluft nahekommt und dasjenige der Luft geschlossener Räume übertrifft. Im Sommer hat dagegen die Kanalluft das größte Gewicht unter den drei in Frage kommenden Luftarten. Es folgt daraus, daß während die oben (zuletzt) berechneten Luftgeschwindigkeiten für Frühlings-, Herbst- und Winterszeit nahezu Geltung haben werden, die für die Sommerzeit berechnete (ohnehin nur geringe) Geschwindigkeit v_I eine erhebliche Einbuße erleiden und völlig zu Null werden kann. In dem Falle würden also Feuchtigkeit und CO_2 -Gehalt der Kanalluft als Faktoren für die Bewegung derselben thatsächlich in Wegfall kommen.

d) Geschwindigkeit der Luftbewegung infolge von Temperaturunterschieden.

Aufschluß über die Geschwindigkeit der Luftbewegung infolge von Temperaturunterschieden geben die folgenden, theoretisch entwickelten Ausdrücke:

$$1) V_1 = \sqrt{2gH \frac{T-t}{273+T}}, \text{ und } 2) V_2 = \sqrt{2gH \frac{T-t}{273+t}}$$

in welchen H die Höhe der kälteren (wärmeren) Luftsäule, T die höhere, t die niedrige Temperatur, g die Erdbacceleration bezeichnen. Gleichung 1) gilt für den Zustand, bei welchem die kalte, schwerere Luft in warme

hineinfließt, Gleichung 2) für den umgekehrten Zustand, wo warme Luft in kalte hineinfließt.

Folgende Rechnungen machen die Verhältnisse einigermaßen anschaulich:

Es herrsche in einem mit dem Kanal verbundenen aufsteigenden Rohr der Höhe H eine niedrigere Temperatur als im Kanal. Dies findet z. B. zur kalten Jahreszeit in einem frei liegenden Regenrohr statt, welches mit dem Straßenkanal verbunden ist. Setzt man die Temperatur im Kanal $T = 5^\circ$, die Temperatur im Regenrohr $= 0^\circ$ und nimmt die Höhe H einmal $= 1,5$ und ein andermal $= 15$ m an, so erhält man aus der für diesen Fall anzuwendenden Gleichung 1:

$$v_{1,5} = 0,726 \text{ m und } v_{15} = 2,296 \text{ m}$$

und unter Abrechnung von 50 Proz. für Reibungs- und sonstige Bewegungswiderstände:

$$v_{1,5} = 0,363 \text{ m und } v_{15} = 1,148 \text{ m.}$$

Mit diesen Geschwindigkeiten etwa wird die Luft sich im Regenrohr absteigend zum Kanal bewegen. Indem nun für $T = t$ die Geschwindigkeit zu Null wird und der Zustand, bei dem die Temperaturen im Regenrohr und im Kanal übereinstimmen, an zahlreichen Tagen im Jahre stattfinden kann, so folgt, daß die Benutzung der Regenrohre für den Lüftungszweck der Kanäle von nur geringer Bedeutung sein wird, so lange es sich bloß um die Wirkung von Temperaturdifferenzen handelt. Es kommt aber noch eine andere Wirkung in Frage, auf welche weiterhin einzugehen ist.

Werden für den Lüftungszweck der Kanäle warm liegende Hausentwässerungsrohre benutzt und wäre die Temperatur in denselben $T = 18^\circ$, die Temperatur im Kanal $t = 8^\circ$, die Höhe des Rohrs einmal $= 1,5$, ein zweites Mal $= 15$ m, so würde die (für diesen Fall anzuwendende Gleichung 2) ergeben, und zwar nach Reduktion der Geschwindigkeiten um 50 Proz. für Reibungs- und sonstige Widerstände:

$$v_{1,5} = 0,502 \text{ m und } v_{15} = 1,644 \text{ m.}$$

Dies würden die Geschwindigkeiten sein, mit welchen die Kanalluft durch das Hausentwässerungsrohr aufsteigt. Da bei sorgfältig ausgeführten Anlagen die hier vorausgesetzten Temperaturen in den Hausrohren wohl während des ganzen Jahres erhalten werden können, so ersieht sich, die sehr große Bedeutung, die mit der Benutzung warmer Hausrohre für den Lüftungszweck von Kanälen verbunden sein kann. Es darf jedoch nicht übersehen werden, daß infolge des Durchganges kälterer Luft durch die Hausrohre diese einer beständigen Abkühlung unterworfen sind, für welche ein ausreichender Wärmeersatz beschafft werden muß.

e) Einfluss von Barometerdruck-Verschiedenheiten.

Da für je etwa 10 m Höhenunterschied ein Unterschied im Barometerdruck von etwa 1 mm stattfindet, so beträgt der Barometerdruck, und, übereinstimmend damit, das spezifische Gewicht der um h m tiefer liegenden Luftschicht, wenn dasjenige bei 760 mm Barometerstand $= 1$ gesetzt wird:

$$\frac{760 \pm 0,1 h}{760} \cdot 1,0.$$

Wäre etwa $h = 15$ m, so würde das spezifische Gewicht der Luft an der Kanalsohle, verglichen mit der um 15 m höher liegenden Luftschicht $= \frac{761,5}{760} \cdot 1,0 = 1,002$ sein, also 1 cbm Kanalluft um 2 g schwerer sein als Luft die in 15 m Höhe über Kanalsohle entnommen wurde. Der Einfluß dieses Unterschiedes gegenüber dem Einfluß von Temperatur- und Feuchtigkeitszunahmen ist daher verschwindend. Die bei 15 m Druckhöhe (Ansteigung einer Kanaltrecke) durch den Unterschied des Barometerdrucks an beiden Enden sich ergebende Geschwindigkeit der Luftbewegung würde rechnermäßig (ohne Berücksichtigung der Reibung u. s. w.) nur 0,018 m betragen.

f) Einfluss der Wasserströmung im Kanal.

Dieser zwar längst im allgemeinen bekannte Einfluss ist bisher nur durch exakte Versuche von Soyka einigermaßen näher bekannt geworden. Dieselben sind an einer 34 mm weiten, 1400 mm langen Röhre vorgenommen worden, durch welche Wasser abließ und Rauch angesaugt ward. Es fand sich, daß die Luftbewegung abhängig von dem Verhältnis: $\frac{\text{Wasserquerschnitt}}{\text{Luftquerschnitt}}$, ferner abhängig von der Größe der Berührungsfläche zwischen Luft und Wasser, sowie endlich abhängig von der Wassergeschwindigkeit selbst war.

Je größer obiges Verhältnis, und ferner, übereinstimmend damit, Berührungsfläche und Wassergeschwindigkeit waren, um so größer auch die Luftgeschwindigkeit. Soyka beobachtete letztere zu 0,39—0,45 der Wassergeschwindigkeit, welche von 0,063—0,3289 m wechselte, und sprach, allerdings unter Hervorhebung der Verschiedenheiten, welche bei anderen Profilformen der Kanäle und andern Wassergeschwindigkeiten bestehen, die Vermutung aus, daß die Luftgeschwindigkeit in Kanälen wohl nie über die Hälfte der Wassergeschwindigkeit hinausgehe, wahrscheinlich noch ziemlich weit unter derselben bleibt. Diese Ansicht wird aber für manche und zwar besonders wichtige Fälle nicht das Richtige treffen und zwar deshalb nicht, weil das Experiment Soyka's sich allzu weit von der Wirklichkeit entfernte. Die Füllungszustände der Röhre (von 6,6—24, 2 Proz.) des Gesamtquerschnitts sowohl als der Querschnitt selbst, als endlich die Wassergeschwindigkeiten waren zu gering, um Uebertragung der Ergebnisse auf andere Verhältnisse als diejenigen, unter denen experimentiert wird, zu erlauben.

Mit höheren Geschwindigkeiten und vor allem mit größeren Wassermengen wächst der Ausdruck für die dem Wasser innewohnende lebendige Kraft:

$$S = \frac{Q}{g} \frac{v^2}{2}$$

von welcher die Fähigkeit des strömenden Wassers, Luft mitzureißen, besonders abhängt, in stark zunehmendem Verhältnis, so daß bei hohen Kanalfüllungen und großer Wasserströmung auf ein wesentlich größeres als das von Soyka an einem Versuchsapparat minimalster Größe gefundene Resultat gerechnet werden kann.

Es ist sogar die Ansicht nicht abzuweisen, daß die Luftgeschwindigkeit in Kanälen die Wassergeschwindigkeit übertreffen könne; ob diese Ansicht auf den Ergebnissen einwandfreier Beobachtungen

basiert oder nicht, mag dahingestellt sein; eine Unmöglichkeit wird nach Erfahrungen, welche an Ventilatoren gemacht sind, die als treibende Kraft freie Wasserstrahlen benutzen (Aeolus, auch Viktoria-Ventilator genannt), nicht ohne weiteres behauptet werden können. — Auch Versuche über die Ansaugungsfähigkeit, welche in senkrechten Röhren herabstürzende Wassermassen auf die freie Luft ausüben (vergl. unter X, 7), können zur Bestätigung dieser Ansicht herangezogen werden.

Man darf also behaupten, daß die wichtige Frage nach dem Einfluß der Wasserströmung in Kanälen auf die Bewegung der darüber liegenden Luftschicht durch die Soyka'schen Arbeiten nur erst unzureichend gelöst ist und es weiterer Versuche mit großen Rohrquerschnitten, stärkeren Füllungsgraden der Kanäle und größeren Geschwindigkeiten, als womit Soyka experimentierte, bedarf, wobei auch die Form der Verbindung des Rohrrinnern mit der freien Atmosphäre sehr zu berücksichtigen sein wird, um der Wirklichkeit angenäherte Zahlen zu erlangen.

g) Anderweite Einführungen von Luft in die Kanäle, welche auf Saugwirkung beruhen.

Sowohl mit den durch die Gullyrohre, als durch die Regenrohre, als durch die sonstigen, der Hausentwässerung dienenden Rohre den Kanälen zugeführten Wassermengen werden gewisse Luftmengen in die Kanäle teils hineingesaugt, teils hineingepreßt, die größeren jedenfalls durch Saugwirkung. (Vergl. Gesundheits-Ingenieur 1893. S. 578). Diese Erscheinung ist mit der unter f) besprochenen in ihren Grundlagen übereinstimmend: ein Teil des Querschnitts der Rohre ist mit Wasser erfüllt, welches, herabstürzend, in dem nicht erfüllten Querschnittsteile Luft mit sich führt; diese Luftmengen können sehr bedeutend sein, unter Umständen die Wasserführungsfähigkeit der Kanäle schmälern. Nichtsdestoweniger muß der Vorgang an sich für einen durchaus erwünschten erklärt werden, und es liegt vom Standpunkte dieser günstigen Beurteilung kein Grund vor, Einrichtungen zu ersinnen, welche jene Luftmengen von dem Eintritt in die Kanäle abhalten wollen. Nur unter ganz besonderen Verhältnissen könnte die Abhaltung jener Luftmengen von den Kanälen das kleinere Uebel sein.

h) Einfluss des Windes.

Der Fall, daß Kanalendigungen dem Einfluß des Windes unmittelbar offen stehen, wird wohl nicht allzu häufig vorkommen; es fehlt an jeglicher Unterlage, einen derartigen Einfluß näher untersuchen zu können.

Letzteres ist vielleicht nur mit Bezug auf den besonderen Fall möglich, der die Wirkung betrifft, welche von Luftströmungen ausgeübt wird, die über Stellen weggehen, an denen der Luftinhalt des Kanals mit der freien Luft in Verbindung steht, wie z. B. durch Einsteigeschachte, Gullies, hochgeführte Rohre u. s. w. Es kann dabei sowohl frische Luft in den Kanal hineingepreßt, als Kanalluft durch Ansaugen zur Oberfläche geführt werden.

Es handelt sich hierbei um gewisse Verhältnisse zwischen Lage und Weite der Oeffnungen und Windgeschwindigkeiten, welche die Größe der hier fraglichen Wirkung bestimmen. Daß solche statt-

finden, lehrt die tägliche Beobachtung, und es scheint, daß sie viel größer sind, als man häufig annimmt.

3. Summarisches Ergebnis der Betrachtungen zu a—h.

In den vorstehenden Betrachtungen hat sich über die Ursachen des Luftwechsels in Kanälen etwa folgendes herausgestellt:

Den wichtigsten Faktor bilden Temperaturunterschiede und Feuchtigkeitsgehalt der Kanalluft; je höher beide, je leichter ist die Luft und je mehr Bewegungsantrieb wird im allgemeinen bestehen; der Einfluß beider Faktoren wird durch Entstehung von CO_2 und H_2S nur zum sehr geringen Teile aufgehoben. — Von großem Belang können die Wasserführung im Kanal, ferner die Einführung von Luft vermöge Saugwirkung von Röhren u. s. w., wie desgl. die Wirkung der über Kanalöffnungen fortgehenden Windströmungen sein. — Die Wirkung von Windströmen, welche direkten Zutritt zu dem Kanalinnern haben, ist durchaus von den örtlichen Verhältnissen abhängig.

Verschiedene der oben genannten Ursachen können sich summieren oder auch aufheben. Wann und wo das eine oder andere stattfindet, richtet sich durchaus nach der Beschaffenheit des Einzelfalles. Dies um so mehr, als der Einfluß gewisser Faktoren, der zweifellos vorhanden ist, wie z. B. Wechsel der Bodentemperatur, Richtungs- und Querschnittswechsel sowie Ungleichheiten im Füllungszustande der Kanäle u. s. w. sich der allgemeinen Betrachtung entziehen. Das Endresultat aller mitwirkenden Ursachen kann daher nicht anders als sehr wechselvoll sein, und zwar auch in dem Sinne, daß die Luftbewegung andere Richtungen als die vermuteten einschlägt, daß in den einzelnen Abschnitten einer Leitung sich umgekehrte Bewegungsverhältnisse etablieren, daß selbst in verschiedenen Teilen eines und desselben Querschnittes sich nicht bloß Luftströmungen ungleicher, sondern auch entgegengesetzter Richtung einstellen.

Daher ist, von besonders einfach liegenden Fällen oder kurzen Strecken mit Einheitlichkeit der Zustände abgesehen, das Problem: die Luftbewegung in Kanälen nach Richtung und Geschwindigkeit allgemein näher zu erkennen, zu verwickelt, um auf theoretischem Wegelösbar zu sein. Aber die auf dem Wege direkter Beobachtung erlangten Resultate werden nur für den einzelnen Fall oder nahe verwandte Fälle Geltung beanspruchen können und keine Verallgemeinerung zulassen. Wenn sie aber auch nur so viel Bedeutung besitzen, um zu erweisen, daß die durch theoretische Auffassung oder Einzelexperimente erlangten Resultate von der Wirklichkeit leicht Lügen gestraft werden, so erscheint dies hinreichend, um eine kurze Mitteilung über die bisher bekannt gewordenen Ergebnisse solcher Beobachtungen hier folgen zu lassen.

4. Direkte Versuche über die Luftbewegung in Kanälen.

v. Roszahegyi ist durch Versuche zur Sommerszeit an bestiegbaren Kanälen (in München) zu folgenden Schlußfolgerungen gelangt:

daß die Bewegung in den Kanälen viel mehr stromabwärts als aufwärts gerichtet und die Geschwindigkeit der Luft in tiefer liegenden Kanälen größer als in flach liegenden sei, daß aufwärts gerichtete Luftströmungen selten vorkommen und auf sehr kurze Strecken beschränkt sind;

daß durch Anschlüsse von Gullies und Hausentwässerungen öfter eine Strömung von Kanalluft heraus- als hereingehe.

Wenn zwei solche Anschlüsse nahe beieinander liegen, könne zwischen beiden ein Austausch von Luft stattfinden.

Die vorwaltende Abwärtsströmung der Kanalluft scheine lediglich durch den Strom des fließenden Wassers bewirkt zu werden; die herrschende Windrichtung habe keinen merklichen Einfluß auf Richtung und Geschwindigkeit.

Zur teilweisen Erklärung dieser Folgerungen ist hinzuzufügen, daß die Temperatur der Kanalluft während der Versuche um durchschnittlich $3,2-5,6^{\circ}$ niedriger war als die der Außenluft.

Lissauer gelangte zu dem Ergebnis:

daß im Danziger Kanalnetz im allgemeinen ein absteigender Luftstrom herrscht.

Soyka hat die Versuche v. Roszahegyi's während der Wintermonate an Münchener Kanälen wiederholt. Seine kaum abweichenden Schlußfolgerungen sind oben bereits berücksichtigt worden.

Zu den Versuchen beider Experimentatoren kann man bemerken, daß sie zeitlich wenig ausgedehnt waren, auch der Aufenthalt in den Kanälen und die Messung der Luftgeschwindigkeit mit nur einem Anemometer, anstatt mit mehreren, in verschiedenen Teilen des Querschnitts gleichzeitig aufgestellten, zu großen Ungenauigkeiten führen kann.

Umfassender nach ihrer Dauer, aber beschränkter nach der Oertlichkeit sind Versuche von Crimp, zu Wimbledon (England) in einer Weise an gestellt, welche die Ergebnisse der Versuche als relativ fehlerfrei erscheinen läßt: es wurde an einem nicht besteigbarem Rohrkanal von 30 cm Weite und 570 m Länge, der die sehr hohen Gefälle zwischen 1:28 und 1:9 hatte, während der Dauer eines vollen Jahres experimentiert.

Am unteren Kanalende waren unmittelbar hinter einander zwei Kammern angelegt, in deren Trennungswand Crimp zwei Flügelanemometer anbrachte. Vor dem einen ordnete er, der Kanalseite zugewendet, ein Glimmerplättchen-Ventil an. Mit dem Anemometer waren selbstthätige Registriervorrichtungen verbunden. Indem die von außen kommende Luftströmung das eine, und die von innen kommende das zweite Ventil passierte — währenddem das zweite Ventil sich selbstthätig schloß — wurden alle Strömungen, ob ab- oder aufwärts gerichtet, während der ganzen Beobachtungsdauer registriert. Die Ergebnisse davon sind in folgender Tabelle mitgeteilt.

Es wurden Strömungen ver- zeichnet im	Aufwärts an Tagen	Abwärts an Tagen	In beiden Richtungen an Tagen
Januar	13	12	8
Februar	19	29	19
März	13	27	11
April	19	30	19
Mai	11	20	11
Juni	3	27	3
Juli	2	28	2
August	4	27	4
September	5	20	5
Oktober	3	12	1
November	5	26	5
Dezember	—	9	—
Summa	97	273	88
Ungefähres Verhältnis	1	3	1

Einer kleinen Ungewißheit läßt diese Tabelle darin Raum, daß sie nur die über einer gewissen unteren Geschwindigkeitsgrenze liegenden Luftströmungen nachweist. Der Einfluß dieser Ungewißheit erscheint aber dadurch ausgeglichen, daß bei beiden Thermometern die betr. Grenzen wohl gleich gelegen haben.

Auch die Crimp'schen Zahlen bestätigen den großen Einfluß, welchen die neben Temperatur- und Gewichtsunterschieden wirksamen anderweiten Faktoren ausüben. Nur in der kälteren Jahreszeit finden nach der Tabelle nennenswerte Aufwärtsbewegungen der Kanalluft statt, während Abwärtsbewegungen das ganze Jahr hindurch vorkommen, am häufigsten in der warmen und wärmeren Jahreszeit und an einer großen Anzahl von Tagen auch die Bewegungsrichtung gewechselt hat.

Crimp sieht nach Ergebnissen anderweiter von ihm angestellter Versuche die Ursache der Luftbewegung in Kanälen vorwiegend in Windströmungen und mißt der Wasserströmung im Kanal nur geringen Einfluß bei. Dies ist erklärlich, weil bei dem sehr starken Gefälle des Kanals, an dem er experimentierte, die Wasserführung derselben nur sehr gering sein konnte, zu Zeiten sogar wohl ganz gestockt hat.

Crimp war imstande, nach den Anemometerangaben auch die ungefähren Luftmengen zu berechnen, welche sich in den beiden Richtungen des Kanals während der Jahresdauer fortbewegt haben. Dieselben ergaben sich zu etwa 60 Proz. der überhaupt bewegten Luftmenge für die abwärts und 40 Proz. für die aufwärts gerichteten Strömungen. Es müssen danach die aufwärts gerichteten Strömungen erheblich stärker als die abwärts gerichteten gewesen sein, was auch den natürlichen Verhältnissen (Summierung oder Subtraktion der Strömungen) durchaus entspricht. —

Hält man es für zulässig, aus den vorgeführten Versuchsergebnissen einen Schluß von allgemeiner Bedeutung zu ziehen, so kann derselbe nur dahin lauten, daß die Luftbewegung in Kanälen besonders von Wasserströmungen im Kanal und von Windströmungen über Oberfläche abhängig sei.

Nur über die Wasserströmungen besitzen wir eine gewisse Ge-

walt: Man mache dieselbe groß, ohne aber den Wasserquerschnitt zu sehr zu ermäßigen (vergl. unter VII).

5. Folgerung bezüglich der Kanalgas-Theorie.

Obgleich die vorangestellten Erörterungen eher ein mehr negatives als positives Ergebnis geliefert haben, erscheinen sie doch insofern von einiger Bedeutung, als durch sie die der Kanalgas-Theorie zu Grunde liegende Ansicht: daß die Luftbewegung in Kanälen der Regel nach (wenn nicht ausschließlich) aufwärts gerichtet sei, also einen hohen Grad von Regelmäßigkeit aufweise, sehr eingeschränkt, beinahe widerlegt wird. Regelmäßigkeit ist gerade diejenige Eigenschaft der Kanalluftbewegung, welche derselben am meisten abgeht; ihr Charakteristikum ist in höherem Grade der Wechsel, sowohl was die Richtung als die Geschwindigkeit betrifft. Es muß danach der Inhalt der Kanalgas-Theorie, welche den Kanalgasen die Hervorrufung und weitere Ausbreitung einiger epidemischer Krankheiten zur Last legt, als wenig haltbar erscheinen. Näheres hierüber bei Soyka a. a. O.

6. Künstliche Lüftungseinrichtungen.

Die Mittel, künstlich einen größeren bestimmenden Einfluß auf die Luftbewegung in Kanälen auszuüben, sind durch ihre Kostspieligkeit beschränkt; man kommt über die einfachen Mittel der sogen. natürlichen Ventilation meist nicht weit hinaus.

Dem Anschluß an kleine Gasflammen (auch Straßenlaternen) ist, wo es sich um Straßenkanäle handelt, keine ausreichende Bedeutung beizulegen. — Ob die Anbringung von hochgeführten Rohren mit Ventilatoren im Kopf ein Ergebnis liefert, welches im Vergleich zu den Kosten ausreichend erscheint, kann dahingestellt werden; ausgiebige Anwendung soll von diesem Mittel u. a. in Liverpool gemacht sein.

Als weiteres Mittel kommt Anschluß an Schlote oder Dampfschornsteine größerer Feuerungen in Betracht. Der Anschluß an Dampfschornsteine ist in zahlreichen Fällen ausgeführt und immer zu empfehlen, wo die Anschlußleitungen kurz sind, weil dann weder hohe Kosten entstehen, noch die Widerstände für die Luftbewegung eine beträchtliche Größe erreichen. Besondere massive Schlote (Ventilationstürme) sind für die Kanalisation von Frankfurt a. M. gebaut worden. Wie weit die Grenzen liegen, bis zu welchen Aspirationswirkungen der Schlote auf die Kanalluft stattfinden, läßt sich rechnermäßig nicht ermitteln, ist auch starken Wechseln nach Witterungsverhältnissen und Lage von Verbindungen der Kanalluft mit der freien Luft unterworfen. Nach Versuchen Bazalgette's (über die Näheres nicht bekannt ist) soll die Wirkung solcher Schlote sich nur auf eine Kanallänge von 90—180 m (100—200 Yards) vom Fuße des Schlotens erstrecken. Ueber die thatsächlichen Leistungen der Frankfurter Ventilationstürme ist nichts Gewisses bekannt geworden; man wird die Ansicht hegen dürfen, daß dort zwischen Zweckerfüllung und Mittel ein ziemliches Mißverhältnis besteht.

Als Hilfsmittel zum Luftwechsel in den Kanälen sind (unter XI) die Einsteigeschächte angeführt worden. Dieselben bilden den kürzeren Schenkel von zwei kommunizierenden Rohren und es

wird als zweiter Schenkel ein am Aeußern der benachbarten Gebäude oder im Innern derselben angeordnetes Rohr (Hausentwässerungs-Regen-Rohr u. s. w.) benutzt, worüber unter XVI Näheres mitgeteilt ist. Um für den Fall, daß durch die Schächte nicht Eintritt frischer Luft, sondern Austritt von Kanalluft stattfindet, Belästigungen zu vermeiden, hat man die Schächte wohl dichtschießend abgedeckt und neben jeden einen zweiten kleineren, weniger tiefen Schacht gelegt, dessen Deckel durchbrochen ist. In die Verbindungsöffnung zwischen den beiden Schächten wird dann ein desinfizierendes oder doch desodorierendes Mittel (Kohle, rohe Karbolsäure, Chlorkalk u. s. w.) gebracht, mit welchem die austretende Luft in Berührung kommt.

Zwei nahe zusammenliegende Einsteigeschächte können ebenfalls als Schenkel kommunizierender Rohre wirken; bei dem immer nur geringen Höhenunterschiede beider Luftsäulen kann diese Wirkung jedoch nur eine geringe sein.

Im Ueberschwemmungsgebiet, ebenso in einzelnen Schächten, deren Abdeckung der Ueberflutung bei größeren Regenfällen ausgesetzt ist, kann es notwendig sein, für den Lüftungszweck auf die Mitwirkung der Einsteigeschächte Verzicht zu leisten. Anderweit geschieht dies auch oft ohne zwingenden Grund.

Wo bei sehr starken Kanalgefällen die Luft den Weg aufwärts weit verfolgt, kann man dieselbe durch das Mittel zum Austritt an einer bestimmten Stelle zwingen, daß man in den Kanal an dieser Stelle eine leichte Klappe einhängt, welche sich um eine horizontale Achse dreht und vor dem Wasserstrom öffnet, vor dem Luftstrom aber schließt.

Mori, *Ueber pathogene Bakterien im Kanalwasser*, Zeitschr. f. Hyg. 4. Bd.

v. Naegeli, *Die niederen Pilze in ihren Beziehungen zu den Infektionskrankh. u. der Gesundheitspfl.*, 1878.

v. Naegeli, *Uebergang von Spaltpilzen in die Luft*, Centralbl. f. d. medicin. Wissenschaften, 1882.

Miquel, *Les organismes vivants de l'atmosphère*, Paris 1883.

Miquel, *Étude sur les poussières organiques de l'atmosphère*, Compt. rend. hebdomad. de l'Académie des sciences 1878 und in den *Annales de Montsouris* 1879.

Miquel, *Septième mémoire sur les organismes microscopiques de l'air et de l'eau*, Ann. de Montsouris 1885.

Zuber, *Des gaz d'égout et de leur influence sur la santé publique*, Revue d'hygiène 1881.

Zuber, *De l'influence pathogénique des gaz d'égout*, Revue d'hygiène 1882.

Poincaré, *Étude sur les circonstances qui peuvent faire varier la richesse des égouts en microbes*, Revue d'hygiène 1889.

Hesse, *Quantitative Bestimmung der in der Luft enthaltenen Mikroorganismen in den Mitt. a. d. Kaiserl. Gesdh.-A.* 1884.

Hesse, *Bemerkungen zur quantitativen Bestimmung der Mikroorganismen der Luft*, Zeitschr. f. Hyg. (1886) IV.

Lissauer, *Ueber das Eindringen von Kanalgasen in die Wohnräume*, Vierteljschr. f. ö. Gesundheitspfl. 13. Bd.

Soyka, Roszahegyi, Renk, *Ueber Kanalgasen als Verbreiter epidemischer Krankheiten*, Vierteljschr. f. ö. Gesundheitspfl. 14. Bd.

Soyka, *Untersuchungen zur Kanalisation*, 1885.

McClellan, *The sewer gases question*, New-York 1890.

Ueber Vergiftungen durch Kanalgasen siehe Vierteljschr. f. ger. Mediz. (1893) 3. Folge 5. Bd. 2. H.

Vermittelte Typhusepidemien durch Kanalgasen in Ann. d'hygiène, 21. Bd 338.

Crimp, *Experiments on the movement of sewer air at Wimbledon*, in *Transact. of the Inst. of Civ. Engin.* London 1889.

Strachan, *On sewer ventilation*, daselbst 1886.

Ueber Lüftung von Straßsenkanülen, im *Gesundheitsingenieur* 1880, 1888; *Centralbl. d. Bauverwalt.* 1882; *Wochenbl. f. Bauk.* 1886; *The Builder* 1880; *Iron* 1888; *Scientific American* 1873, 1880, 1886, 1889.

(Weitere Litteraturangaben unter XVII.)

XV. Besondere Anlagen und Einrichtungen.

1. Einbeziehung offener Wasserläufe in eine Kanalisationsanlage (Bachüberwölbung).

Nicht selten tritt die Frage auf, ob ein das Stadtgebiet durchfließender kleiner Wasserlauf in das Kanalnetz einzubeziehen sei oder nicht? Die Veranlassung dazu wird immer wohl nur ein arger Verunreinigungszustand des Wasserlaufs sein, der seinerseits besonders von der Form des Flußbettes, seiner geologischen Beschaffenheit und Lage bedingt ist. In schlammigem Bette, träge, durch Privatgrundstücke, besonders die nach der Hinterseite belegenen Teile derselben, dahinfließende kleine Wasserläufe werden immer ein gesundheitlicher Uebelstand sein, dessen man nicht leicht anders als durch Einschließung des Baches in Mauerwerk Herr werden kann, aus dem Grunde, daß es unmöglich ist, mißbräuchliche Nutzungen desselben zu verhindern.

Schwierigkeiten verursacht gewöhnlich die Frage, ob die Einschließung auch zur Aufnahme außergewöhnlicher Hochwasser ausreichend bemessen werden kann. Wenn diese zu bejahen ist, wird die Einschließung wohl immer das Bessere sein. Es kommt bei der Beantwortung in Betracht, daß bei der Regelung, welche Gefälle und Profilweite des Wasserlaufs mit der Einschließung erfahren, ferner vermöge der glatten Beschaffenheit der Kanalwand die Wasserführungsfähigkeit des Kanals erheblich größer als die des offenen Wasserlaufs ist, andererseits aber auch, daß mit der Aufnahme eines Baches in die Kanalisation die Ueberschwemmungsgefahr von Kellern bedeutend gesteigert werden kann.

Die Sachlage ist da, wo der Wasserlauf über öffentlichen Grund, durch Straßen und Plätze führt, wo also schon die Kontrolle durch die Oeffentlichkeit einem weitgehenden Mißbrauch des Baches steuert und wo das zum ausreichenden Schutz Erforderliche durch strenge polizeiliche Ueberwachung gesichert werden kann, oft eine andere. Da der Besitz eines offenen, wenn auch nur kleinen Gewässers in einem Orte für mancherlei Zwecke, wie z. B. Feuerlöschwesen, gewerbliche und häusliche Thätigkeit, auch für Reinlichkeitszwecke einen nicht zu unterschätzenden Wert hat, wird man Veranlassung haben können, die Frage der Zweckmäßigkeit der Fassung desselben in einen geschlossenen Kanal von mehreren Seiten anzusehen, wobei die Interessen der öffentlichen Gesundheitspflege leicht den Kürzeren ziehen können.

Gewöhnlich werden den im Vorstehenden erwähnten Momenten für und gegen die Einschließung noch weitere hinzutreten, so z. B. die Hemmung des Straßenverkehrs, die Beengung der Straßenbreite, die Schaffung von Terrain zu einer neuen Straße u. s. w.*). Ueberhaupt wird jeder einzelne Fall Besonderheiten aufweisen, die es unmöglich machen, die Aufgabe hier anders als im Vorbeigehen zu berühren.

Uebrigens wird die Einbeziehung eines offenen Wasserlaufs in das Kanalnetz zuweilen die Möglichkeit geben, das Wasser desselben

*) Einen bemerkenswerten Fall dieser Art bildet die Einschließung des Sennebaches auf seinem Laufe durch Brüssel, wo das dadurch gewonnene Terrain zur Schaffung der Prachtstraße des Boulevard central benutzt worden ist.

zum Spülen einzelner Kanäle zu verwenden, ebenso auch den kanalisierten Bach vielleicht zum Anschluß von Regenüberfällen zu benutzen.

2. Kreuzungen von Kanälen mit anderen unterirdischen Leitungen und mit offenen Wasserläufen.

Wenn Entwässerungskanäle mit anderen unterirdischen Leitungen zusammentreffen, können besondere konstruktive Schwierigkeiten dadurch entstehen, daß bei den Kanälen keine plötzlichen Profil- oder Gefällewechsel stattfinden dürfen. In den meisten Fällen werden daher die sonstigen Leitungen, bei denen Änderungen nicht leicht auf Schwierigkeiten treffen, weil ihr Gefälle gleichgiltig ist, weichen müssen. Wo dies aus besonderen Gründen, etwa nach der Beschaffenheit der zu kreuzenden Anlage unmöglich ist, muß der Entwässerungskanal sich vielleicht Abweichungen vom Normalen gefallen lassen.

Zuweilen bietet sich das Mittel, an solchen Stellen einen Schacht anzulegen, durch den man die andere Leitung ungeändert hindurchführt, während der Kanal hier unterbrochen wird, indem derselbe von der einen Seite in der bisher eingehaltenen Höhenlage ein-, an der anderen tiefer, oder auch in gleicher Höhe als die gekreuzte Leitung wieder ausmündet. Hier findet also eine Abänderung der Höhenlage der Kanalsohle statt.

Unter anderen Umständen kann das Mittel passend sein, die Höhenlage der Kanalsohle unverändert beizubehalten, dagegen die Höhe des Kanalprofils so weit zu vermindern, damit der Kanal unter der gekreuzten Leitung passieren kann. Für das, was dabei in der Höhe des des Kanals an Profilgröße verloren geht, muß in der Breite desselben Ersatz geschaffen werden. Bei diesem Aushilfsmittel wird man leicht auf die Benutzung von Eisen zu einem Stück des Kanals geführt, weil man dabei mit einem Minimum von Höhe auskommt.

Wo die vorstehend besprochenen beiden Mittel nicht anwendungsfähig sind, bleiben noch folgende beiden Mittel übrig: Kreuzung mittelst Düker oder mittelst Heber. Düker und Heber werden wohl nur bei Kreuzungen der Kanäle und offenen Wasserläufen vorkommen.

Bei der Kreuzung mit Düker wird die Kanalsohle unter das Hindernis gesenkt, bei derjenigen mit Heber über dasselbe gehoben. Der Dükeranlage kann der Vorwurf der erschwerten Zugänglichkeit und der Möglichkeit von Verstopfungen bei geringer Wasserführung, der Heberanlage die Frostgefahr und auch die Möglichkeit, infolge von Luftansammlung im Heber zeitweilig zu versagen, gemacht werden.

In der Regel ist es notwendig, Düker an beiden Enden durch Einsteigeschächte zugänglich zu machen und Einrichtungen sowohl zum Spülen des Dükers als zum Schutz vor zu hohem inneren Druck desselben zu schaffen. Beiden Zwecken gleichzeitig können zuweilen Auslässe genügen, die bei einem gewissen Höhenstande des Wassers im Kanal in Wirksamkeit treten und welche mit den Regenüberfällen gleichartige Zwecke haben. Zuweilen ist es möglich, die Auslässe auch als Spüleinrichtungen zu benutzen, jedoch wird man dazu meist tiefer liegender Einlässe bedürfen. Bei Dükern von geringer Weite und Länge genügt zum Reinhalten oft schon das Legen einer Kette auf der Düker-sohle, die dazu dient, durch Hin- und Herbewegen etwaige Ablagerungen zu lockern und wieder in Bewegung zu setzen.

Bei großen Rohren, auf deren ununterbrochene Funktionierung besonderer Wert zu legen, ist es am sichersten, dieselben in einen großen Kanal frei auf die Sohle desselben zu legen; wenn dann in dem Dükerrohr einige Klappen angebracht werden, ist jede Stelle desselben jederzeit revisionsfähig. — Kostspieliger ist das Sicherungsmittel, den Düker doppelt herzustellen, entweder beide Leitungen von gleicher Kapazität oder die zweite, nur für Notfälle ausreichend, mit verringerter Leistungsfähigkeit.

Die Einsteigeschächte an den Dükerenden müssen Schlammsäcke erhalten. Um Betriebsunterbrechungen bei der Reinigung der Schlammsäcke zu vermeiden, legt man dieselben an jedem Ende wohl doppelt an; es wird aber meist genügen, nur den Einsteigeschacht am Zuflusse des Dükers doppelt herzustellen.

Zur Zusammenführung der Ablagerungsstoffe an einem Punkte und Vermeidung größerer Sammel- etc. Anlagen kann es zuweilen auch dienen, die Düker mit entsprechend starkem Sohlengefälle herzustellen. Gewöhnlich werden aber die örtlichen Verhältnisse so beschaffen sein, um den Düker von den beiden Enden aus steigend und im Mittelteil mit einem kurzen, wagrechten Längenteil anzulegen.

Heberanlagen sind der Gefahr der Verstopfung nicht so leicht als Düker unterworfen, wenn nur durch Schlammsäcke u. s. w. der Gefahr des Hineingelangens grober Verunreinigungen begegnet ist; desgleichen sind etwaige Reparaturen mit Leichtigkeit ausführbar. Bedenken mit Bezug auf Frostsicherheit sind bei der Wärme, die das Kanalwasser namentlich zu Zeiten geringen Abflusses besitzt, nicht hoch anzuschlagen, sodaß eine gute Umkleidung mit schlechten Wärmeleitern wohl immer genügt. — Wichtig ist die Erhaltung der steten Luftverdünnung im Heber. Es wird dazu am höchsten Punkt der Leitung ein kleiner — negativer — Windkessel angeordnet, in welchem — etwa durch Verbindung mit einem aus der städtischen Wasserleitung gespeisten Ejektor — dauernd der notwendige Grad der Luftverdünnung erhalten wird.

3. Einlässe für Abwasser in offene Recipienten.

Einerlei, ob es sich um geklärte oder nicht geklärte Abwasser, oder um das durch Regenüberfälle zugeführte Wasser handelt, so muß, damit rasche Mischung (Verdünnung der Wasser) stattfinde, auch um Ablagerungen von zugeführten Sinkstoffen am Ufer zu vermeiden, die Ausmündungsstelle bis ins tiefe Wasser (an den sogen. Stromstrich) hingeführt werden. Wenn also das tiefe Wasser nicht unmittelbar am Ufer liegt, ist, anschließend an die zum Ufer führende unterirdische Leitung, ein mehr oder weniger langes Stück auf den Grund des Gewässers versenkter Leitung notwendig, die in Holz hergestellt wird. Sie muß, damit nicht Ablagerungen in ihr stattfinden, entweder reichliches Gefälle erhalten, oder es sind an ihrem Landende Vorrichtungen zu treffen, welche dem durchströmenden Wasser eine zur wirksamen Spülung ausreichende Geschwindigkeit erteilen. Dazu kann sowohl ein kurzes Kanalstück mit starkem Gefälle, als eine selbstthätige Klappe, die erst unter einem gewissen Ueberdruck öffnet, als beide Einrichtungen verbunden angewendet werden.

Ein bezügl. Beispiel bildet die Anwendung des Kölner Hauptentwässerungskanals in den Rhein. Die vom Ufer aus rückwärts in das

Entwässerungsgebiet führende Kanalstrecke muß vor dem Rücktritt von Hochwassern geschützt werden. Dazu dient es zunächst, daß die Sohle derselben möglichst hoch gelegt, d. h. der Kanal mit breiter Sohle und geringer Höhe erbaut ward.

Wo dies Mittel nicht ausreicht, müssen Verschlüsse der Kanalöffnung angewendet werden, die, je nach Umständen, selbstthätig oder zum Bewegen von Hand einzurichten sind; selbstthätige Einrichtungen, wie z. B. Kugelventile und Drehklappen, genügen im allgemeinen aber nur für kleine Anlagen, während für größere und große solche, die von Hand zu bewegen sind, geschaffen werden müssen. Doch sind selbstthätige Einrichtungen auch dann noch anwendbar, wenn, wie an der Meeresküste oder im Flutgebiet von Tidesrömen, der Wechsel der Wasserstände sich immerwährend und regelmäßig vollzieht. Hier können mit ausreichender Zuverlässigkeit für das Funktionieren sogenannte Spülthüren (gleich den Stemnthoren gewöhnlicher Schleusen) verwendet werden, deren Oeffnungsweite aber, um den Schluß bei wieder steigendem Wasser zu sichern, fest begrenzt werden muß. Zur Sicherheit bei etwaigen Beschädigungen ist hinter den selbstthätigen Spülthoren noch ein — nicht zur Selbstthätigkeit eingerichteter — Schieberverschluß anzuordnen.

Selbstthätige Einrichtungen sind auch bei unregelmäßigen Wechseln in den Wasserständen des Recipienten sowie in dem Falle noch ausreichend, wo neben den normalen (regelmäßigen) Wasserstandswechseln auch noch auf unregelmäßige gerechnet werden muß, wenn der selbstthätigen Vorrichtung eine von Hand zu bewegendende hinzugefügt wird. Ein bezügl. Beispiel von besonderer Größe ist der Einlaß des Hamburger Geeststammisels in die Elbe nahe der Hamburg-Altonaer Gebietsgrenze.

Muß auf längere Dauer der Hochwassersstände im offenen Recipienten gerechnet werden und würde durch Rücktritt derselben der Zuleitungskanal ganz gefüllt, sogar Rückstau in die Hausanschlüsse eintreten können, so ist es notwendig, für Entlastungseinrichtungen zu sorgen, welche in Auslässen bestehen können, die dem Abwasser einen Weg nach einem Gewässer mit niedrigerem Spiegelstande eröffnen, der nur in Zeiten äußerster Not freizugeben ist. Oder es ist ein Pumpwerk einzurichten, groß genug, um den Wasserüberschuß fortschaffen zu können, ein Mittel, welches aber nur sehr selten Anwendung finden kann.

Einen Sonderfall bildet derjenige, wo der Austritt von Kanalwassern ins Meer oder in den Unterlauf von Strömen stattfindet, in welchen Wechsel von Ebbe und Flut herrschen, wenn die Küste sehr flach liegt. Hier kann der Austritt der Kanalwasser nur während beschränkter Zeiträume stattfinden, die zwischen zwei Zeitpunkten liegen, von denen einer vor, der andere hinter den Eintritt des Ebbespiegels fällt. Jener Zeitraum kann je nach der Höhenlage der Kanäle zum Ebbespiegel $\frac{1}{5}$ und noch weniger der ganzen Zeit betragen; es muß daher durch Anlage eines großen Bassins hinter dem Einfluß für vorläufige Aufnahme der in der übrigen Zeit zufließenden Kanalwasser gesorgt werden. Die großen offenen, mit Schmutzwassern immer mehr oder weniger hoch angefüllten Becken bilden aber ein gesundheitlich sehr ungünstiges Zubehör derartiger Anlagen. Um Sicherheit dafür zu haben, daß die Wasser derselben in kurzen Zeitabständen (nach je 12—24 Stunden) hinausgeschafft werden, ist es nötig, Einrichtungen für künstliche Hebung (Pumpen) zu schaffen, wenn die Gefahr besteht, daß infolge hoher Ebbestände

der selbstthätige Abfluß der Kanalwasser länger dauernde Unterbrechungen erfahren könnte.

Steuernagel, *Kanalisation der Stadt Cöln*, *Vierteljahr. f. ö. Gesdhtspfl.* (1892 u. 1893).

Baumeister, *Städtisches Straßenwesen und Städtereinigung*, 1890.

Hobrecht, *Die Kanalisation von Berlin*, 1884.

Hamburg und seine Bauten, 1890.

Frankfurt a/M. und seine Bauten, 1886.

Franzius u. Sonne, *Handb. der Ing.-Wissensch.* 3. Bd.; *Dtsch. Bauztg.* (1893) und *Gesundheitsingenieur* (1893).

Selbstthätige Auslassschleuse in Salford, in *The Engineer* (1879).

Seeauslässe für Schwemmkanäle, in *Scientific American* (1881).

Düker durch die Alte Elbe für die Entwässerung der Stadt Magdeburg, *Dtsch. Bauztg.* (1893).

Heberleitung zur Entwässerung der Sandinsel in Breslau, *Dtsch. Bauztg.* (1891).

4. Allgemeines über Pumpwerke für Abwasser.

Die Leistung, welche Pumpwerke für Abwasser zu entwickeln haben, würde eine in außergewöhnlichem Grade wechselnde sein müssen, wenn sie sich allen Schwankungen im Wasserzufluß anzubequemen hätte. Da sie sich sowohl einem hoch liegenden Maximum als einem tief liegenden Minimum anpassen müßte, fiel eine solche Anlage notwendig sehr verwickelt aus. Wie sogleich nachgewiesen werden soll, liegt diese Schwierigkeit aber in dem erwarteten Umfange nicht vor. Eine andere Besonderheit besitzt eine solche Pumpenanlage aber darin, daß das zu hebende Wasser meist stark verunreinigt ist.

a) Leistung des Pumpwerks.

Die Maximalleistung des Pumpwerks ist nicht schlechthin durch das Maximum des Wasserzuflusses, welches beim Pumpwerk an den Tagen der größten angenommenen Regenfälle stattfindet, bestimmt, indem dabei auch der Verdünnungszustand der Abwasser mitpricht. Aus Gründen, welche unter IV angeführt sind, hat das am Pumpwerk ankommende Wasser nicht den für den Eintritt der Wirksamkeit der Regenüberfälle festgesetzten Verdünnungszustand n , sondern einen geringeren, der mit m bezeichnet werden möge. Es ist deshalb zulässig, hier noch einen Teil von der Förderung durch die Pumpe auszuschließen und sich desselben durch einen — letzten — Regenüberfall — welcher besser als Notauslaß bezeichnet wird — zu entledigen. Entsprechend genügt eine Größe des Pumpwerks, bei der dasselbe imstande ist, nur das m -fache der maximalen Brauchwassermenge fortzuschaffen, wobei $m < n$ ist.

In einer Anzahl von Städten, welche Pumpwerke für Kanalwasser besitzen, wechselt der Quotient m ($= \frac{\text{Regenwassermenge}}{\text{Brauchwassermenge}}$) zwischen 1,0 und 2,8; speziell beträgt derselbe (wie teils aus den S. 141 u. 146 mitgeteilten Tabellen hervorgeht) für:

Berlin	$\frac{1,35}{1,31}$	rd. 1,0
Königsberg i. P.		1,0
Breslau	$\frac{1,5}{0,54}$	= 2,80
Stettin	$\frac{5,2}{2,8}$	= 1,85

Danzig . . .	$\frac{0,50}{0,56}$ bzw. $\frac{0,75}{0,83}$	rd. 0,9
Braunschweig (Proj.)	$\frac{4,05}{1,8}$ bzw. $\frac{3,17}{1,41}$	= 2,25
Düsseldorf . . .	$\frac{1,67}{0,79}$	rd. 2,1
Magdeburg . . .		2,0

Da sich für die Londoner Kanalisation m ähnlich zu 0,5 bzw. zu 1,4 berechnet, darf man, wenn die Zahl der Regenüberfälle eine größere ist, $m = 2$ für ausreichend halten, wonach die Maximalleistungsfähigkeit der Pumpe nur das Doppelte der maximalen Brauchwassermenge zu betragen braucht. Wo nur wenige Regenüberfälle vorkommen, kann man m etwas größer annehmen; doch wird die Notwendigkeit dazu leicht überschätzt.

Ein besonderer Fall liegt vor, wenn eine große Leistung der Pumpen im Interesse der Erhaltung der Vorflut in den Kanälen notwendig ist. Man wird dann aber die über das Normale hinausgehenden Wassermengen nicht zu den Rieselfeldern oder Kläranstalten schicken, sondern direkt an offene Recipienten übergeben.

Die Minimalleistung der Pumpe findet, wenn dieselbe ununterbrochen in Betrieb gehalten wird, während der Stunden kurz nach Mitternacht statt. Wenn durch Anlage von Bassins oder durch Anstauen des Wassers im unteren Teil der Kanäle für Aufspeicherung des geringen Zuflusses der Nachtzeit während einiger Stunden gesorgt ist, kann der Pumpenbetrieb während jener Stunden ruhen.

Wenn nicht durch die langen Wege in den Leitungen ein gewisser Ausgleich in der zeitlichen Verteilung des Zuflusses der Hauswassermengen sich ergäbe, würde der Minimalzufluß der Brauchwasser fast bis auf Null herabgehen können (vergl. unter III, 2). Welche Annäherung an Null man in Rechnung stellen will, ist Frage der Oertlichkeit. Jedenfalls muß das Pumpwerk für starke Abstufungen seiner Leistungsfähigkeit eingerichtet werden, am besten aber dem Mittelwerte derselben sich gut anpassen, weil dieser während der längsten Zeitdauer in Anspruch zu nehmen ist.

Der Motor, die Pumpen und die Kessel sind dazu in eine Anzahl von einander unabhängiger, für sich selbständiger Teile zu zerlegen, und unter den Kesseln müssen sich neben solchen, die für dauernden Betrieb am besten geeignet sind, auch solche befinden, welche für besondere Raschheit der Dampferzeugung eingerichtet sind, die erforderlich sein kann, wenn plötzlich hereinbrechende größere Regenfälle eine rasche Steigerung der Pumpenleistung fordern.

Noch rascher als die durch Dampf betriebenen Pumpen sind die durch Gaskraft-Maschinen betriebenen in Gang zu bringen.

Die Pumpwerke der Berliner Kanalisation fördern von der angenommenen größten Regenmenge (vergl. S. 141) $\frac{1}{17} = 6$ Proz., sodaß durch die Regenüberfälle 94 Proz. jener Menge abgeführt werden; ihre Beanspruchung durch große Regenfälle ist daher verhältnismäßig gering. Was die normale Leistung betrifft, so haben diese Pumpwerke von 9 Berliner Radialsystemen im Jahre 1892/93 durchschnittlich 1081 Wasser pro Tag und Kopf der angeschlossenen Bevölkerung auf die Rieselfelder befördert;

ähnlich so auch in den vorhergehenden Jahren. Die von den städtischen Wasserwerken gelieferte Wassermenge betrug nur 67,13 l; das Mehr der Kanalwasser = 40,87 l ist teils Regenwasser, teils für gewerbliche und häusliche Zwecke gefördertes Brunnen- und Flußwasser, teils der Anteil, den die Kanalwasser an Küchenresten und Klosettstoffen enthalten. Eine den Anteil der außerdem geförderten Regenwasser angegebende genaue Zahl läßt sich aus den obigen Zahlen mangels sicherer Unterlagen nicht gewinnen.

Das von den Pumpen zu fördernde Wasser ist stark mit Sinkstoffen beladen; es muß daher, wenn Fortführung desselben in geschlossenen Rohren u. s. w. stattfindet, eine ziemlich bedeutende Geschwindigkeit haben, damit sich nicht Ablagerungen der Schwebestoffe ergeben. Bei den Pumpwerken der Berliner Kanalisation beträgt die rechnermäßige größte Geschwindigkeit des Wassers in den Druckrohren 1 m. Dieselbe ist nach den bisherigen Erfahrungen ausreichend, um Ablagerungen zu verhindern.

Es erscheint nicht ausgeschlossen, daß auf die Dauer die Rohrwandungen sich stellenweise mit Inkrustationen bedecken und — infolge der Querschnittsverengung — alsdann größere Geschwindigkeiten als die ursprünglich vorausgesetzten stattfinden müssen. Diese Möglichkeit giebt Anlaß dazu, statt der zur Ueberwindung der Reibung bei reiner Rohrwand genügenden Druckhöhe eine größere zu Grunde zu legen. Wie weit darin zu gehen sei, ist bisher wohl nicht ausreichend sicher festgestellt.

Dem Wechsel, der in der Zuflußmenge zu den Pumpen stattfindet, gesellen sich gewöhnlich Wechsel in der Förderhöhe der Pumpen hinzu, die so beschaffen sein können, daß damit sowohl eine Vergrößerung als auch eine Verminderung der Pumpenleistung verbunden ist. Die Rücksichten, welche bei der Größe des Pumpwerks auf derlei Umstände zu nehmen sind, hängen durchaus von der Beschaffenheit des einzelnen Falles ab.

b) Besonderheiten der Pumpwerke mit Bezug auf die Wasserbeschaffenheit.

In den Besonderheiten der Pumpenkonstruktion ist der Verunreinigung des Wassers mit Schwebestoffen Rechnung zu tragen. Die Verunreinigung nötigt dazu, von Mechanismen, welche durch Reibung stark angegriffen werden, abzusehen; es gilt dies speziell für die Ventile und Kolben der Pumpen. Da die Centrifugalpumpen ohne Ventile sind, hat man mehrfach solche für Kanalwasserförderung angewendet (Berlin, Breslau, Frankfurt a. M., Hamburg, London u. a.), doch vielleicht ebenso oft gewöhnliche Heber- und Kolbenpumpen mit Ventilen. Zu Gunsten letzterer spricht der Umstand, daß ihre Leistung sich vorkommenden Wechseln besser anpaßt als die von Centrifugalpumpen, welche unvorteilhaft arbeiten, sobald die Zahl der Umdrehungen pro Zeiteinheit eine gewisse Grenze unterschreitet. Auch darf bei den Centrifugalpumpen die Saughöhe nicht so groß sein, als bei Kolbenpumpen, weshalb sie eventuell tief aufzustellen sind. Letzteres kann die Gefahr gelegentlicher Ueberschwemmung der Pumpe mit sich bringen. Ein Vorzug, den die Centrifugalpumpe immer für sich hat, ist ihr geringer Raumbedarf, auch kann bei

derselben der Motor und die Transmission zuweilen sehr einfach ausfallen.

Neben den eigentlichen verunreinigenden Stoffen kommen in dem dem Pumpwerk zufließenden Wasser auch grobe Beimengungen, wie Holzsplitter, Zeug- und Wäschereeste, Papierfetzen, Stroh, Haare u. s. w. vor. Da das Hineingeraten solcher Gegenstände in die Pumpen deren Thätigkeit unterbrechen, namentlich die Ventile außer Funktion setzen könnte, müssen zwischen der unteren Kanalendigung und dem Pumpwerk Vorrichtungen angebracht werden, dieselben zurückzuhalten, bezw. aus dem Wasser zu entfernen. Dazu dienen Siebe oder Gitter, deren freier Durchflußquerschnitt mindestens die Größe des wassergefüllten Kanalprofils an seiner Ausmündung haben muß, damit nicht Aufstau vor demselben stattfinden kann.

Bei der Berliner Kanalisation führt die hier fragliche Vorrichtung den uneigentlichen Namen Sandfang; sie besteht aus einem kreisförmigen Bassin von großem Durchmesser (bei der Pumpe des Radialsystems III speziell von 12 m Durchmesser), in dessen Mitte ein hohler Mauerpfeiler von 3,2 m Durchmesser für den Zweck der Abstützung des etwa senkrecht stehenden Gitters angeordnet ist. Das Gitter ist zu jeder Seite des Pfeilers in 4 aufziehbare Tafeln zerlegt, die Spaltweite desselben beträgt 15 mm. Aus der Spaltweite und der Höhe des Wasserstandes im Sandfang ist der Durchmesser desselben so bestimmt, daß die Geschwindigkeit des Wassers im Kanal und im Gitter des Sandfanges gleich sind. Für die Sandablagerung wird die Bedeutung dieser Sandfänge daher nur unwesentlich sein. Das schadet aber im vorliegenden Falle nicht, aus dem Grunde, daß aus den Kanälen selbst große Sandmengen in ständigem Betriebe entfernt werden.

Sollten Sandfänge dieser besondern Form in Zurückhaltung von Sand einiges leisten, so würden sie wesentlich größer sein müssen, um die Wassergeschwindigkeit entsprechend zu ermäßigen (vergl. betr. Angaben unter VII und VIII).

Vermehrte Wirksamkeit würde ein Sandfang anderer Form besitzen, der aus ein paar hintereinander folgenden Kammern besteht, in welchen das Wasser die Teilwände abwechselnd oben und unten passiert, sodaß es gezwungen ist, nacheinander auf- und absteigende Bewegungen bei geringer Geschwindigkeit auszuführen. Ein derartig eingerichteter Sandfang erfordert aber tiefe Lage, und seine Verwendung stößt auch dadurch auf Schwierigkeiten, daß die Spiegelhöhe des Wassers im Sandfang zu stark wechselt.

Beide Einwände kommen bei dem nach der schematischen Skizze Fig. 47 angeordneten Kammern-Sandfang in Fortfall. Das Kanalwasser tritt in eine gegen die Kanalöffnung verschobene Kammer I, von dieser in eine Kammer II, welche wiederum gegen I verschoben ist, und hiernach in den eigentlichen Pumpensumpf III. Zwischen I und II, sowie zwischen II und III sind Auffangsiebe (Gitter) angebracht, und die Sohlen in den Kammern I und II fallen

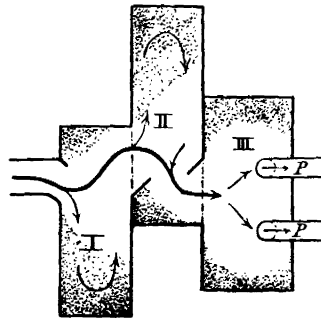


Fig. 47. Kammersandfang.

nach den äußeren Enden hin stark ab; außerdem tritt eine Profilerweiterung dadurch ein, daß die Sohle der Kammer I auch vor dem Kanal um ein Stück tiefer gelegt wird als die Kanalsohle, sodaß die Geschwindigkeit des zufließenden Wassers ermäßigt und der zu Boden gefallene Sand auf der Neigung abwärts und der stärkeren Strömung entgegengeführt wird.

Mit jedem Sandfang (der gleichzeitig auch als Pumpensumpf dient) muß ein erst hinter dem Gitter abzweigender Notauslaß verbunden werden, welcher den Wasserspiegel im Pumpensumpf regelt, und so zur Regelung der Leistung des Pumpwerks beiträgt.

Baumeister, *Städtisches Straßenwesen und Städtereinigung*, 1880.

Hobrecht, *Die Kanalisation von Berlin* 1884. *Dtsch. Bauztg.* (Breslauer Heber) 1893 S. 505.

Hamburg und seine Bauten, 1890.

Frankfurt a/M. und seine Bauten, 1886.

Köln und seine Bauten, 1892.

Franzius u. Sonne, *Handb. der Ing.-Wissensch.* 3. Bd.

Vierteljahr. f. ö. Gesdhtspfl. (1892).

XVI. Hausentwässerung.

1. Zahl und Lage der Hausanschlüsse.

Insofern als häufige Verbindungen des Kanalinnern mit der Atmosphäre für den Luftwechsel in den Kanälen günstig sind, und als Hausanschlußleitungen dem Luftzwecke um so besser dienen, als sie mittels der Fallrohre meist zu größerer Höhe in die Atmosphäre hineinreichen, würde es als erwünscht anzusehen sein, die Zahl der Hausanschlüsse möglichst zu vergrößern, d. h. den einzelnen Grundstücken in der Zahl der Anschlüsse keine Beschränkungen aufzuerlegen. Da aber jede Oeffnung in der Kanalwand auch eine Unterbrechung in der Regelmäßigkeit des Abflusses, dazu einen konstruktiv schwachen Punkt der Leitung bildet, wird man veranlaßt sein, dem einzelnen Grundstück nur ausnahmsweise mehr als einen Anschluß an den Straßenkanal zu gestatten. Doch besteht immerhin ein Unterschied danach, ob der Anschluß sogleich beim Bau der Kanäle oder erst später nach deren Vollendung hergestellt wird. Findet ersteres statt, so ist gegen Gestattung mehrerer Anschlüsse für ein und dasselbe Grundstück nur wenig einzuwenden; diese Erlaubnis wird aber im anderen Falle bedenklich, weil dann leicht Beschädigungen der Straßenleitung stattfinden, besonders wenn diese aus einem Rohrkanal besteht.

Von einem anderen Gesichtspunkt aus hat die Höhenlage der Anschlußstelle der Hausleitung an den Straßenkanal Bedeutung. Liegen die Anschlüsse im Scheitel des Kanals, so werden sie vom Wasser selten erreicht, daher also für den Luftwechsel beständig offen sein; auch wird dabei die relative Lage zu dem Luftinhalt des Kanals die günstigste. Da die Lage der Anschlüsse in Sohlenhöhe des Straßenkanals im allgemeinen unzweckmäßig (vergl. unter VII) ist, wird gewöhnlich ein zwischen Sohle und Scheitel liegender Höhenpunkt den Vorzug verdienen. Ueber die zweckmäßigste Lage kann nur im Einzelfall entschieden werden; in der

Praxis sieht man bei gemauertem Straßenkanal meist die Kämpferhöhe gewählt; eine ähnliche Höhenlage findet gewöhnlich aber auch bei Rohrkanälen statt. Die Unterschiede, welche man antrifft, beruhen aber nur zuweilen in Rücksichten auf Heranziehung der Anschlußleitungen für den Zweck der Kanallüftung; öfter entscheiden darüber rein nebensächliche Umstände. Bei tiefer Lage der Anschlußstelle werden fast bei jedem Regenfall Teile der anschließenden Hausableitung in Rückstau versetzt, ein Uebelstand, den man in demselben Maße vermindert, als man die Anschlußstelle höher rückt.

2. Benutzung der Hausanschlüsse für den Zweck der Kanallüftung.

Sehr häufig werden für den Zweck der Kanallüftung die Regenrohre der Häuser benutzt. Die Lüftung der Kanäle mittels der Regenrohre ist aber aus mehreren Gründen mangelhaft:

a) weil ein ausgesprochener Temperaturunterschied zwischen der Außenluft und der Luft im Regenrohr nur selten, namentlich dann nicht besteht, wenn, wie es bei Abfallrohren aus Zinkblech der Fall ist, die einzelnen Rohrschüsse lose ineinander gesteckt sind, die Leitung also nicht dicht ist. (Vergl. hierzu den rechnerischen Nachweis S. 236).

b) weil sowohl die undichten, als die nicht über Traufenhöhe des Daches hinaus verlängerten Regenrohre Kanalgase in die Nähe von Fenstern und Thüren, an denen sie vorbeipassieren, führen können.

c) weil die Regenrohre zu Zeiten des Wechsels von Frost- und Thauwetter leicht zufrieren.

Die Temperatur im Regenrohr läßt sich immerwährend dadurch etwas höher als die der Außenluft halten, daß man das Rohr an die Innenseite der Frontwand des Hauses legt. Das Mittel wird aber wegen Geräuschbildung und der Möglichkeit gelegentlicher Wasserschäden im Hause, endlich weil die Lage des Rohres unter Putz, Anstrichen oder Tapeten fast unvermeidlich öftere Schäden an den letzteren mit sich bringt, nur selten angewendet.

Ob der Umstand, daß zu Zeiten von Regenfällen die Regenrohre nicht offen für die Luftbewegung sind, dem Lüftungszweck günstig oder ungünstig ist, kann nicht allgemein entschieden werden. Zwar wird ein Teil des Querschnitts des Rohres durch das herabfallende Wasser gesperrt, dadurch auch die Temperatur im Rohr so weit herabgesetzt, daß der auf Temperaturunterschied beruhende Teil des Luftantriebes wohl ganz aufhört. Der für Regenwasser in Anspruch genommene Querschnittsteil ist aber immer nur gering; es kommen größere Regenfälle auch nicht gerade häufig vor und andererseits wird beim Herabstürzen von Regenwasser auch frische Luft in die Kanäle von oben mit hinabgerissen (S. 238). Es ist allerdings möglich, daß dazu während der Dauer des Regensfalls kein Bedürfnis besteht.

Durch den gesonderten Anschluß der Regenrohre an den Straßenkanal wird der Vorteil preisgegeben, wenigstens ein Stück des Hausanschlusses gelegentlich gründlich zu spülen; auch erhöht dieser Verzicht die Anlagekosten. Derselbe bringt aber andererseits den Vorteil mit sich, daß die Gefahr von Kellerüberschwemmungen bei starken Regenfällen sehr herabgesetzt wird.

Die erwähnten Mängel in der Benutzung der Regenrohre für

den Lüftungszweck haben zuweilen dazu geführt, auf dieselben zu verzichten und für die Lüftung der Straßenkanäle ein besonderes Rohr anzulegen, entweder außen an der Hausfront oder im Innern des Hauses. Alsdann gestaltet sich die Anlage nach einer der beiden Varianten Fig. 48 und 49, in welchen beiden das Lüftungsrohr (unter Nutzbarmachung des Regenrohrs zur Spülung) gleichzeitig Fallrohr für die Brauchwasser ist, für den Fall, daß dasselbe im Innern des Hauses liegt. Diese Einrichtung, welche häufiger vorkommt als diejenige mit Lage des Lüftungsrohres an der Außenseite des Hauses (bei der dann ein besonderes Fallrohr notwendig wird), ist bei geringer Straßenbreite empfehlenswert, weil bei dieser die Wirksamkeit der Einsteigeschächte beschränkt ist.

In den Konstruktionen Fig. 48 und 49 ist — notwendigerweise — unmittelbare Verbindung des Fallrohrs mit dem Straßenkanal — ohne Dazwischenkunft eines in der (horizontalen) Anschlußleitung angeordneten Wasserschlusses — vorausgesetzt. Diese Verbindungsweise besitzt neben ihrem Nutzen das Bedenken des Aussaugens der Wasserschlüsse. Hierüber ist unter Bezugnahme auf X, 8 noch folgendes hinzuzufügen.

Renk hat außer dem auf S. 212 angegebenen Mittel ferner weit vorgeschlagen, das Fallrohr unterhalb des vom Syphon kommenden Stützens zu zerschneiden und die beiden Enden — nebeneinander versetzt — in einem geschlossenen Gefäß endigen zu lassen, das zum Teil mit einer nicht leicht verdunstenden Flüssigkeit gefüllt ist. Das Mittel scheint sicher, die Anbringung des weiten Gefäßes wird aber oft sehr unbequem sein.

Außerdem ist das in den Fig. 48 und 49 angedeutete Mittel, welches in Fig. 50 näher dargestellt ist, vorgeschlagen worden. Wenn in dem Höhentheil *A B* des Fallrohrs Luftverdünnung entsteht, soll dadurch aus dem darüber liegenden Teile durch den Verbindungsstutzen *S* Luft in den Syphon übertreten und dadurch das Gleichgewicht zwischen den beiderseitigen ungleichen Luftdrücken auf die Wasserspiegel wiederhergestellt werden, bevor der Wasserabfluß aus dem Syphon beginnt oder zu weit vorgeschritten ist.

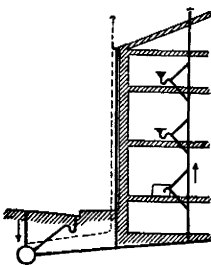


Fig. 48.

Kanalallüftung mittels Fallrohr.

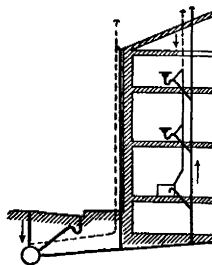


Fig. 49.

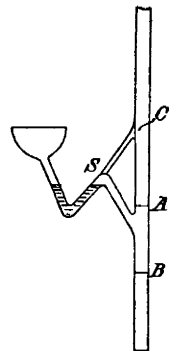


Fig. 50.

Detail zu Fig. 48 und 49.

Die Wirkung des Mittels ist nicht zweifelsfrei, da keine ausreichende Sicherheit dafür besteht, daß in dem Höhentheil bei *C* des Fallrohrs der normale Luftdruck sich frühzeitig genug wieder einstellt. Es

kann ferner auch der Fall eintreten, daß durch das Verbindungsrohr *S* gepreßte Luft von rückwärts Zutritt zum Wasserschluß erlangt und das Wasser zum Ausgußbecken hinausschleudert. Diese Gefahr dürfte aber in dem Maße geringer werden, als das Verbindungsrohr höher hinaufgeführt wird. Letzterer Grund ist es gewesen, der die Konstruktion nach Fig. 49 hervorgerufen hat, bei welcher für die Luftzuführung ein zweites besonderes Rohr verwendet ist.

Gegen die Konstruktion Fig. 48, bei der das Fallrohr gleichzeitig Luftzuführungsrohr ist, ist der Einwand erhoben worden, daß dabei die Wasserschlüsse einer besonders starken Verdunstung unterworfen seien, ein Einwand, der nach dem, was S. 238 über die Ventilationswirkung herabstürzender Wassermengen angeführt worden ist, wohl als berechtigt erscheint. —

Wird die unmittelbare Verbindung zwischen Fallrohr und Straßengraben durch Einschaltung eines Wasserschlusses in die Abflußleitung aufgehoben, so bezeichnet man diesen Wasserschluß als „unterbrechenden“. Der unterbrechende Wasserschluß liegt entweder an der Frontwand — oder da, wo das Haus nicht unmittelbar an der Straßengrenze steht — zwischen diesem und der Straßengrenze, endlich in dem Falle, daß die Abflußleitung das Haus umzieht, auch wohl hinter demselben. Den unterbrechenden Wasserschluß im Hause selbst anzulegen, wird man gern vermeiden, um Unsauberkeiten und üblen Gerüchen bei Reinigungen zu entgehen.

Muß der unterbrechende Wasserschluß seinen Platz notwendig im Hause erhalten, so entsteht eine Anordnung wie in Fig. 51, mit welcher der Nachteil verbunden ist, daß für die Hausrohrlüftung die Mitwirkung der Einsteigeschächte und für die Lüftung des Straßengrabens die Mitwirkung des Abfallrohrs verloren geht. Letzterer Mangel ist durch Benutzung des Regenrohrs zur Lüftung in der Weise, wie weiterhin in Fig. 55 angegeben, nicht ausgleichbar.

Wird, aus Furcht vor Kanalgasen, auch in das Regenrohr ein unterbrechender Wasserschluß eingelegt — eine kaum zu rechtfertigende, aber vorkommende Einrichtung — und wird für die Lüftung des Fallrohrs durch Hinzufügung eines zweiten Rohrs im Hause gesorgt, so entsteht eine Anlage wie in Fig. 52, bei der das zweite Rohr als Luftzubringer gedacht ist. Anstatt des senkrechten Rohrs, wie es in dieser Konstruktion angewendet ist, kann aber auch ein kurzes, schräges Rohr genügen, wenn nur für dasselbe der Raum zwischen Front und Straßengrenze, bezw. auch neben und hinter dem Hause vorhanden ist. Beim Herabstürzen von Wasser im Fallrohr werden die in Fig. 52 angegebenen Richtungen der Luftströmungen sich umkehren, was lästig sein kann. Eine gewisse Abhilfe ist dadurch möglich, daß der Punkt *Z* vom Hause etwas abgerückt wird. Die Punkte *x* und *y* dürfen nicht zu nahe aneinander liegen, weil erst bei weitem Abstände ein ausgesprochener Höhenunterschied zwischen beiden, der die Luftbewegung begünstigt, besteht.

Eine Modifikation, die mit Kostenersparnis bei gleicher Leistungsfähigkeit erzielbar und dann anwendbar ist, wenn der unterbrechende Wasserschluß außerhalb des Hauses angelegt wird, zeigt Fig. 53. Hier vertritt das für die Kanallüftung nutzlose Regenrohr das Luftzuführungsrohr; in Zeiten, wo dieses nicht funktioniert, kann für dasselbe das schräge Rohr *z* eintreten.

Hat der unterbrechende Wasserschluß die Lage unter oder nahe

hinter der Frontwand, so kann das Luftzuführungsrohr r , Fig. 54, unmittelbar an die Innenseite desselben gebracht werden. Ob aber dabei das Rohr regelmäßig der Luftzuführung oder abwechselnd der Luftzu- oder -Abführung dient, hängt besonders von den Verhältnissen der Temperaturen, die in diesem und im Fallrohr bestehen, und von der zeitweisen Thätigkeit des Fallrohrs ab. Wahrscheinlich wird im Rohr r ziemlich oft, wenn auch nur für kurze Zeit, ein auf steigender Luftstrom entstehen.

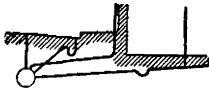


Fig. 51.

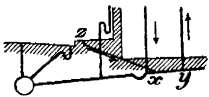


Fig. 52.

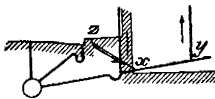


Fig. 53.

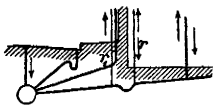


Fig. 54.

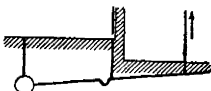


Fig. 55.

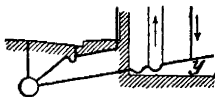


Fig. 56.

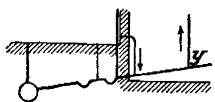


Fig. 57.

Lüftung der Kanäle durch Fallrohr, Regenrohr und besondere Rohre mit und ohne unterbrechenden Wasserschluß.

Fügt man außen an der Front ein zweites Rohr r_1 hinzu, so hat man zwei gesonderte Lüftungssysteme, eines für den Straßenkanal, ein zweites für das Fallrohr. Auf die Mitwirkung des Regenrohrs ist dabei verzichtet; die etwas kostspielige Einrichtung besitzt aber den Vorzug, daß eine Zerstörung des unterbrechenden Wasserschlusses so gut wie ausgeschlossen ist.

Für die Abwehr der Folgen eines solchen Ereignisses, nämlich den wahrscheinlichen Eintritt von Kanalgasen in die Hausrohre, bedarf es aber der Anwendung eines so kostspieligen Mittels dann nicht, wenn der unterbrechende Wasserschluß nahe an die Vorderwand oder vor dieselbe gerückt werden kann. Es wird nach Fig. 55 das Rohr r kurz über Straßenhöhe unterbrochen, in der Erde aber als Rohr (oder auch Schacht) fortgesetzt. Im Fall der Zerstörung des unterbrechenden Wasserschlusses darf man darauf rechnen, daß die Kanal-gase nicht den — längeren — Weg in das Fallrohr hinein, sondern den kurzen zur Straßenoberfläche hierauf einschlagen werden.

Bei übertriebener Furcht vor Kanalgasen, wie sie zuweilen besteht, begnügt man sich nicht mit dem einfachen unterbrechenden Wasserschluß, sondern legt deren zwei unmittelbar hintereinander an. Der unterbrechende Doppel-Wasserschluß kann dann sowohl außerhalb als innerhalb des Hauses liegen, Fig. 56 und 57. Wird zwischen beiden Schlüssen eine Verbindung mit der freien Atmosphäre hergestellt, sei es durch ein zu größerer Höhe oder nur bis Terrainoberfläche geführtes Rohr, so bleibt bei etwaiger Zerstörung des dem Straßenkanal zunächst liegenden (vorderen) Wasserschlusses der hintere noch erhalten. Wird aber auch hinter dem zweiten Schluß ein ebensolches Rohr aufgesetzt, so bestehen nach stattge-

fundener Zerstörung des vorderen Wasserschlusses zwei Ventilations-systeme des Kanals und bezw. des Hausrohres. Bei Lage der beiden Schlüsse außerhalb des Hauses kann man die Verbindung mit der Atmo-

sphäre als Schacht ausbilden, mit Gitter abdecken und alsdann auch gleichzeitig zum Einlaß von Regenwasser benutzen.

Aus dem Vorstehenden ergibt sich, daß die Lüftungseinrichtungen sowohl des Straßenkanals als der Hausrohre sehr verwickelt und kostspielig ausfallen, sobald man die Luftverbindung beider durch Einschaltung eines Wasserschlusses unterbricht; es ist mindestens unwahrscheinlich, daß die verwickeltere Anlage den Zweck besser erfüllt als die einfache. Meist wird die Leistung geringer sein, aus dem Grunde, daß zwei innerhalb der Hausmauern liegende Rohre als ein System gedacht, wenn nicht künstliche Einrichtungen getroffen werden, für den Luftantrieb weniger leisten, als das aus nur einem Hausrohr und einem Einsteigeschacht bestehende System, da bei den beiden Hausrohren für die Lüftung der häuslichen Leitung die Barometerdruckverschiedenheiten und die Wasserströmung im Kanal in Wegfall kommen und die Wirkung der Temperaturverschiedenheiten im allgemeinen herabgesetzt wird; für die Lüftung des Straßenkanals wird auf die Wirkung der Barometerdruck- und Temperaturverschiedenheiten verzichtet (vgl. S. 236). Da somit beide betroffenen Teile leiden, ohne daß über den Nutzen der Trennung (d. h. die Abhaltung der Kanalgase vom Hause) volle Gewißheit besteht, überhaupt nur eine größere Reinheit der Luft der Hausrohre erlangt wird als diejenige ist, welche ohne den Wasserschluß erzielt werden kann, so folgt, daß die Verwendung unterbrechender Wasserschlüsse gewöhnlich eine Maßregel von zweifelhaftem Werte ist, häufig sogar schädlich wirken wird. Dies gilt noch ohne Rücksicht auf Kostenvermehrung.

Danach läßt sich rationellerweise nur der Standpunkt vertreten: Keine unterbrechenden Wasserschlüsse; und es besitzt dieser Standpunkt in dem Falle noch eine höhere Bedeutung, daß für ein Grundstück nicht nur eine, sondern mehrere Anschlußleitungen angelegt werden. Hausrohre und Kanäle müssen sich zu einem an beiden Enden offenen Lüftungssystem zusammensetzen, und es ist der Schutz vor Eindringen von Kanalgasen in die Räume der angeschlossenen Häuser — außer durch besondere Sorgfalt in Bezug auf die Zweckmäßigkeit, besonders Dichtigkeit der ganzen Leitung — durch Anbringen von Wasserschlüssen an allen Stelle, wo Rohre mit Räumen in Verbindung treten, zu beschaffen. Die vielfach üblichen Wasserschlüsse sind allerdings zum Teil für ihren Zweck unzulänglich. Darüber und über Verbesserungen bzw. Schutzvorkehrungen ist unter X, 8 das Notwendige bemerkt. Ein Grund von gewisser Bedeutung der für unterbrechende Wasserschlüsse spricht ist der Nutzen, den dieselben in dem Falle gewähren, daß die häuslichen Leitungen infolge schlechter Arbeit undicht sind. Vermindert ist die Bedenklichkeit der unterbrechenden Wasserschlüsse in etwas, wenn mit derselben Lufteinlässe für die anschließenden Rohrleitungen unmittelbar verbunden sind; vgl. hierzu auch S. 217.

Hausentwässerungsanlagen, in denen zwar sämtliche Verbindungsstellen der Hausrohre mit den Räumen durch Wasserschlüsse gedeckt sind, die auch nach ihrer konstruktiven Ausführung als gute gelten können, deren obere Enden aber — aus Furcht vor dem Eindringen von Kanalgasen — geschlossen sind, müssen nach Obigem verworfen werden.

Bisher ist noch der Punkt c oben, die Frostgefahr der Regenrohre zur Winterszeit außer acht gelassen. Dieselbe ist erfahrungsmäßig keines-

wegs gering, und es bleiben auch beim Einfrieren eines Regenrohres die eintretenden Uebelstände nicht auf die Störung des Luftwechsels beschränkt, sondern es treten dabei oft auch Durchfeuchtungen der Gebäudemauern ein. Da aber die betr. Sicherheitsvorkehrungen dem Zwecke des vorliegenden Abschnitts fremd sind, kann auf den Gegenstand hier nicht weiter als bloß erwähnungsweise eingegangen werden.

3. Schutz gegen Kellerüberschwemmungen durch Rücktritt des Wassers aus dem Straßenkanal.

Vorkehrungen, welche hierher gehören (über deren Notwendigkeit unter III und VI zu vergleichen ist), werden passend im unmittelbaren Anschluß an die Lüftungseinrichtungen besprochen, weil auch sie für den Lüftungszweck insofern von Bedeutung sind, als sie die Anschlußleitungen der Grundstücke zu Zeiten von Hochwasserführung im Straßenkanal gänzlich sperren, auch sonst während derjenigen Zeiträume, wo das Hausabflußrohr kein Wasser führt, in der Regel die Verbindung zwischen dem Straßenkanal und dem häuslichen Fallrohr aufheben.

Selbstverständlich sollen Rückstauvorrichtungen nur da benutzt werden, wo die Möglichkeit, daß Rückstau in den Hausanschlüssen eintreten könnte, überhaupt vorliegt, also im allgemeinen nur in Stadt-gegenden mit geringer Höhenlage. Man wendet dieselben aber auch in höheren Lagen dann an, wenn die Straßenkanäle wenig tief liegen oder sehr hohe Profile haben, oder wenn auch durch hohe Ansammlungen des Kanalwassers in Einsteigeschächten u. s. w. (etwa zu Spülzwecken) die Gefahr von Kellerüberschwemmungen herbeigeführt werden kann. Gewöhnlich werden Rückstauvorrichtungen da entbehrlich sein, wo der Abfluß aus den am höchsten liegenden Stellen des Hauses durch Becken (Ausgüsse) geschieht und nicht freier Abfluß von der Kellersohle erfolgt.

Von großer Bedeutung für die Zweckerfüllung dieser Vorrichtungen ist die Frage, ob sie zur Selbstthätigkeit, oder zur besonderen Bedienung eingerichtet werden sollen. Die Beantwortung hängt hauptsächlich davon ab, ob den Eigentümern der nötige Grad von Sorgfalt in der Bedienung zugetraut werden kann oder nicht, oder auch, ob die Gemeindeverwaltung in der Lage ist, die Bedienung zu übernehmen. Dies wird im allgemeinen nur dann der Fall sein, wenn die Zahl der mit solchen Einrichtungen versehenen Hausanschlüsse entweder sehr klein oder sehr groß ist. Doch wird im ersten Fall sowohl wie in jenem, wo eine weder kleine noch große Zahl von Rückstauvorrichtungen besteht, die Gemeinde die Handhabung der Verschlüsse wohl meist den Eigentümern überlassen, weil Anstellung und Kontrolle des betr. Personals kostspielig bzw. umständlich ist, es sich außerdem grundsätzlich nicht empfiehlt, den Eigentümern Pflichten abzunehmen, an deren Erfüllung sie selbst das größte Interesse besitzen. Wichtig bei der Entscheidung der Frage ist noch der Umstand, ob Kellerüberschwemmungen häufig oder nur selten in Sicht sind. Das Bequemste für die Gemeinden ist immer Selbstthätigkeit der Rückstauklappen, die von ihnen daher auch gewöhnlich vorgeschrieben oder zugelassen wird; sie sind dabei von Folgen mangelhafter Bedienung entlastet, sogar ohne der Einwohnerschaft Verpflichtungen aufzuerlegen, deren gewissenhafte Durchführung kaum erzwingbar ist.

Zum nicht selbstthätigen Sperren der Hausanschlüsse dienen gewöhnliche gußeiserne Schieber, zum selbstthätigen Schließen Kugelventile und Rückstauklappen, Fig. 58, Fig. 59.

Die stete Gangbarkeit der Kugelventile ist bei Durchfluß von Schmutzwassern wenig gesichert und außerdem ihre Anwendung mit einem Gefälleverlust verbunden.

Die Rückstauklappen besitzen anderweite Mängel. Sie dürfen, um selbst vor geringen Wasserströmungen zu öffnen, nur geringes Gewicht haben, müssen sich in dem Zapfen leicht drehen und haltbar besonders gegen ätzende Wirkungen der Schmutzwasser sein. Danach sind nur Klappen aus Bronzeblech oder schwimmende Hohlkörper gebrauchsfähig. Um steter Gangbarkeit einigermaßen sicher zu sein, sind öftere Revisionen der Klappe notwendig, die also so liegen muß, daß sie stets leicht zugänglich ist. Aber selbst bei sorgfältiger Ueber-

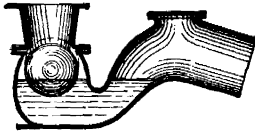


Fig. 58.

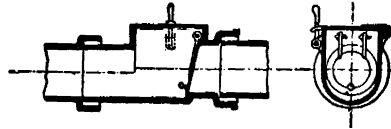


Fig. 59.

Kugelventil (Fig. 58) und Rückstauklappe (Fig. 59) gegen Ueberschwemmungen.

wachung gewährt die selbstthätige Rückstauklappe vor gelegentlichen Kellerüberschwemmungen keine Sicherheit, da bei schwachem Abfluß im Rohre leicht einmal Papier- oder Zeugfetzen an der Klappe hängen bleiben und den Schluß derselben verhindern. Ein solcher Vorgang kann wie zu Kellerüberschwemmungen so auch zu Rohrverstopfungen Anlaß geben. Er ist bei kleinen Grundstücken mit geringem Wasserverbrauch viel mehr zu fürchten als bei großen mit stärkerer Wasserführung des Ablaufrohrs, weil bei jenen der Abfluß nur stoßweise in beschränkten Zeiträumen erfolgt und während des bei weitem größten Theils der Zeit ruht. Während also die Anwendung selbstthätiger Rückstauklappen immer eine zweischneidige Maßregel ist, wird sie für kleine Einzelhäuser bedenklich, in denen man daher besser von zu bedienenden Sperrvorrichtungen Gebrauch macht; dies gilt namentlich, wenn die Abflußleitung derselben einige Länge besitzt, also auch aus diesem Grunde sich schwer rein hält.

Eine weitere Ueberschwemmungsgefahr für die Keller ergibt sich durch die selbstthätige Rückstauklappe in der Weise, als diese nur so lange schließen kann, als der Wasserdruck, der von der Kanalseite aus auf dieselbe stattfindet, größer ist als der von der Hausseite aus wirkende. Wenn aber der hohe Stand des Kanalwassers einige Zeit anhält, so kann es sich ereignen, daß in den Hausrohren ein so hoher Anstau des Wassers stattfindet, daß sein Spiegelstand denjenigen im Straßenkanal übersteigt. Ist dieser Zustand eingetreten, so wird die Rückstauklappe sich wieder öffnen und so viel Hauswasser entweichen lassen, bis der Unterschied in den Spiegelständen ausgeglichen ist. Nunmehr findet aber ein Schluß der Klappe nicht wieder statt; sie versagt den Dienst vermöge des Konstruktionsprinzips selbst, und so ergibt sich ein Fall, der bei jeder längeren Regendauer eintreten kann.

Da bei hohem Aufstau des Hauswassers hinter der geschlossenen

Rückstauklappe das Abwasser einen Weg aus tief liegenden Ausgüssen findet, müssen die Ableitungen aller tief liegenden Ausgüsse mit einer besonderen Abflußvorrichtung (Schieber oder Hahn) ausgestattet werden. Die Gefahr hohen Aufstaus ist aber regelmäßig vorhanden, wenn die Regenrohre an das Ablaufrohr des Grundstücks hinter der Rückstauklappe angeschlossen sind, da diese den größten Beitrag zum Abfluß liefern. Es muß daher in betr. Fällen Regel sein, Regenrohre nicht hinter, sondern zwischen Straßenkanal und Rückstauklappe mit dem Ablaufrohr zusammenzuführen, event. Regenrohre direkt in die Straßenleitung einmünden zu lassen.

Zum Schutz bei weniger starken Regenfällen kann man ein Uebrigcs darin thun, daß man das Ablaufrohr durch Vergrößerung seiner Weite etwas aufnahmefähiger macht. Die Anwendung dieses Mittels wird aber nur bei dauernd großem Wasserabfluß aus dem Hause oder Bereitstehen großer Spülwassermengen rätlich sein (vergl. unter VIII).

Selbstthätige Rückstauklappen sind hiernach nur da wirksam, wo zum Zwecke der Spülung Wasser in den Einsteigeschächten aufgestaut wird. Sonst müssen tief liegende einzelne Räume durch der Regel nach geschlossen gehaltene Schieber vor der Ueberschwemmungsgefahr geschützt werden.

Die Schwierigkeiten, sich der Dach- und Hofwasser zu Zeiten großer Regenfälle ohne Gefahr von Kellerüberschwemmungen zu entledigen, bilden ein Moment, welches zuweilen dem Ansehen der Trennsysteme sehr zu statten gekommen ist; es hat auch zweifellos da eine besondere Bedeutung, wo vermöge niedriger Lage der Höfe zu den Straßen, oder wegen der Geschlossenheit der Bebauung der freie (direkte) Abfluß des Wassers zu den Straßen unmöglich ist. Wo letztere Möglichkeit besteht, wird man (aus der angegebenen Rücksicht) zweckmäßig das Dach- und Hofwasser durch offenen Ablauf der Straße zuweisen, wobei freilich die Spülwirkung, die dasselbe in der Hausleitung leisten kann, verloren geht. Ein vermittelndes Verfahren besteht darin, einen gewissen, genau begrenzten Teil des Dach- oder Hofwassers der Hausleitung und den nicht genau bestimmbaren anderen Teil direkt der Straße zuzuweisen. Ebenfalls mag man von einzelnen tiefliegenden Grundstücken die Hof- und Dachwasser in die Kanäle aufnehmen, während man dieselben von den hochliegenden Grundstücken frei auf die Straße abfließen läßt.

Zur noch besseren Verhütung von Kellerüberschwemmungen bei starken Regenfällen sind folgende Regeln zu beachten:

Einlässe für Regenwasser in Höfen sollen möglichst entfernt von Lichtschächten oder Lichtgräben der Kellerfenster angelegt werden. Die Einfassungen solcher Schächte oder Gräben müssen eine gegen die Hoffläche etwas erhöht liegende Abdeckung erhalten.

An Einlässe, die der Hofentwässerung dienen, dürfen Regenrohre nicht angeschlossen werden, weil jene leicht verstopft sein können und dann nicht ausreichende Vorflut gewähren.

Da diejenigen Stellen von Leitungen, an denen Entwässerungsrohre durch Mauern gehen, leicht schadhaf werden, so empfiehlt es sich, hier Eisenrohre zu benutzen, dabei aber keinen Rohrstoß in die Mauer fallen zu lassen. Die Durchgangsöffnung muß sorgfältig wieder geschlossen werden.

Auch Leitungsstrecken, die außerhalb des Gebäudes dicht an Keller-

mauern entlang führen, werden am besten aus Eisen hergestellt, weil sie bei der großen Wandelbarkeit des Bodens, die derselben unmittelbar hinter Mauern gewöhnlich besitzt, leicht der Gefahr von Brüchen unterworfen sind.

Ueberhaupt werden alle Rohrstrecken der Hausentwässerung, die bei stärkeren Regenfällen unter Rückstau (oder Aufstau) stehen, am besten aus Eisen hergestellt, weil die Dichtungen von Thonrohren Wasserdruck von mehr als etwa 2 m Höhe nicht immer gewachsen sind. --

Mit Rückstauklappen wird zuweilen mehr oder weniger unmittelbar ein unterbrechender Wasserschluß verbunden, der seine Stelle sowohl vor (zwischen Straßenkanal und Rückstauklappe) als auch hinter der letzteren erhalten kann. Solche Verbindung empfiehlt sich im allgemeinen nicht, weil der Wasserschluß dabei der Gefahr der Verschlammung in besonderem Grade unterworfen ist. Da diese Gefahr aber bei der Lage des Wasserschlusses hinter der Rückstauklappe die größere ist, zeitweilig entstandene Ablagerungen bei dieser Lage auch nur schwer wieder fortgeführt werden, so darf der, event. anzuordnende Wasserschluß seine Lage nur vor der Rückstauklappe erhalten.

Günstiger mit Bezug auf die Vermeidung von Verschlammungen wird die Einrichtung, wenn derselben ein Schlammfang hinzutritt. Fig. 60 zeigt die unmittelbare Verbindung einer Rückstauklappe mit einem Wasserschluß und einem Schlammfang. Soll der Schlammfang ausgeräumt werden, so wird der Deckel abgenommen und ein, ähnlich einem sogen. Vorreiber gestalteter Hebel *c* umgelegt, der infolge davon die Klappe schließt und fest auf ihren Sitz drückt.

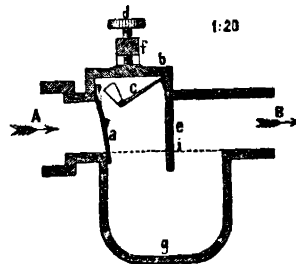


Fig. 60.
Verbindung von Rückstauklappe
und Schlammfang (Breslau).

Rückstauklappe und Wasserschluß müssen stets zugänglich sein, sind also, wenn sie außerhalb des Hauses liegen, in einem Schacht unterzubringen. Wenn sie in Kellern untergebracht sind, wird man der Frostgefahr wegen eine äußere Umschließung anwenden. Die Zugänglichkeit der Leitung an dieser Stelle giebt Gelegenheit, sich leicht zu überzeugen, ob, wenn eine Störung im Betriebe einer Hausentwässerungsanlage eingetreten ist, das Hindernis vor oder hinter der Rückstauklappe liegt. Dieser Umstand wird von der Polizei (Gemeinde) zuweilen dazu benutzt, für die Lage der Rückstauklappe einen Maximalabstand hinter der straßenseitigen Grundstücksgrenze festzusetzen. Der Gedanke dabei ist der, durch die Rückstauklappe die Hausentwässerungsanlage in zwei Teile zu zerlegen und so die Verantwortlichkeiten des Eigentümers und der Gemeinde streng zu scheiden. Gemeinde und Polizei sind nicht in der Lage, für die stete Funktionsfähigkeit des hinteren, im Hause selbst liegenden Teiles der Entwässerung, weil derselbe jeglichem Mißbrauch offen steht, eine Verantwortung zu übernehmen, während denselben eine Verantwortung für das Straßenrohr und den anliegenden — im Straßengrunde u. s. w. liegenden — Teil der Hausentwässerung selbstverständlich zufallen muß.

Indem die selbstthätige Rückstauklappe, wenn sie gut funktioniert, immer geschlossen und nur geöffnet sein wird, wenn gerade eine gewisse, die Oeffnung erzwingende Wassermenge durchpassiert, bildet sie nur da kein dauerndes Hindernis für den Lüftungszweck des Straßenkanals und der Hausentwässerung, wo der Abfluß der Hauswasser beständig im Gange ist. Dies wird nicht oft der Fall sein, da selbst die Abflußleitungen großer Miethäuser für kurze Zeiträume während der Nacht kein Wasser abzuführen haben. Aus kleinen Häusern findet Abfluß nur stoßweise und in ganz kurzen Zeiträumen statt; hier wird daher die selbstthätige Rückstauklappe so gut wie dauernd geschlossen sein. Rückstauklappen sind daher da, wo auf den Luftwechsel Wert zu legen ist, zu vermeiden und wird auch von diesem Gesichtspunkte aus den in jedem Einzelfall besonders zu schließenden, für gewöhnlich offenstehenden Schiebern oder Ventilen der Vorzug zu geben sein. Ausnahmen gelten jedoch, wenn in anderer Weise für den Lüftungszweck vorgesorgt ist. Die Mittel dazu sind bereits oben vorgeführt: ein noch nicht erwähntes besteht darin, daß man für die Luft eine Umleitung in der Weise anlegt, daß ein besonderes Rohr vor der Rückstauklappe abzweigt und hinter derselben (in einer Höhenlage, bei der ein etwaiger Austritt von Rückstauwasser nicht zu fürchten ist) mit dem zu lüftenden Fallrohr verbunden wird.

In niedrig liegenden Stadtteilen mit zeitweilig hohen Ständen eines benachbarten Gewässers sind mehr wirksame, besonders mehr zuverlässige Schutzvorkehrungen gegen Rückstau als die einfache Rückstauklappe notwendig. In den tief liegenden Stadtteilen von Hamburg wird für die Kellerentwässerung ein besonderes Rohr, und zwar in höherer Lage als der Hauptanschluß an den Straßenkanal, gelegt; dasselbe mündet am unteren Ende in einen Schacht, von welchem aus ein kurzes Rohrstück, dessen Oeffnung mit einem Schieber verschließbar ist, die Verbindung mit dem Hauptanschluß herstellt (vergl. Fig. 73, S. 277).

4. Wasserklosetts*).

a) Allgemeine Charakterisierung.

Unter Wasserklosetts versteht man gemeinüblich nur diejenigen Einrichtungen zur Aufnahme und Abschwemmung der menschlichen Auswurfstoffe, mit denen die Wasserzuleitung unmittelbar verbunden ist und bei denen ihre Anordnung den wesentlichsten Bestandteil der ganzen Anlage bildet; die Abschwemmung findet ohne Zwischenansammlung in eine Entwässerungsleitung hinein (Hausrohr) statt.

Bei den sogen. Spülabtritten erfolgt Abschwemmung der Fäkalien entweder überhaupt nicht, sondern dieselben müssen auf andere Weise (durch Abfuhr) entfernt werden. Oder auch, sie gelangen vorab in einen nahe dem sogen. „Sitz“ befindlichen Behälter, aus dem sie in mehr oder weniger langen Zeitabschnitten abgeschwemmt werden. In den Spülabtritten dient also das Wasser nur dem Zweck der Verflüssigung (Verdünnung) der Auswurfstoffe, der Sicherung eines gewissen — geringen — Sauberkeitsgrades und Minderung der Geruchsbelästigung, und es bildet bei ihnen die Art und Weise der

*) Ueber andere Klosetts vergl. S. 89 dieses Bandes.

Wasserzuführung einen sehr wechselnden, immer aber nur untergeordneten Bestandteil der ganzen Anlage. Als „Behälter“ der Spülabtritte dienen entweder Gruben oder auch mehr oder weniger geschlossene Behälter, d. h. sowohl Tröge als fixe oder fahrbare Gefäße (Tonnen). Den Spülabtritten sind auch diejenigen Zimmerklosetts zuzurechnen, in denen zur Aufnahme der Fäkalien ein mit Wasser teilweise gefülltes Gefäß aufgestellt ist. Danach bilden Spülabtritte gewissermaßen die Vorstufe der Wasserklosetts.

Jede Wasserklosett-Konstruktion wird in erster Linie nach dem, was sie in Bezug auf Reinlichkeit (Reinhaltungsfähigkeit) leistet, zu beurteilen sein, in zweiter danach, daß sie zuverlässig im Gebrauch und nicht zu kostspielig ist. Als ein ungefährer Maßstab für die Reinlichkeit kann hier Geruchlosigkeit angesehen werden.

Gesundheitliche Nachteile können durch Wasserklosetts entstehen, indem Faecesteile in ihnen hängen bleiben oder verspritzen, oder auch durch die Verunreinigung des in der häuslichen Wasserleitung vorhandenen Wassers, wenn bei unmittelbarer Verbindung des Wasserklosetts mit der Wasserleitung die Möglichkeit besteht, daß Auswurfstoffe (vielleicht nur in Gasform) Zutritt zu der letzteren gewinnen. Um diese Gefahr zu vermeiden, wird vielfach vorgeschrieben, daß Wasser zur Klosettspülung aus der Wasserleitung nur durch Vermittelung eines besonderen Reservoirs entnommen werden darf. Ob dieser speziellen Vorschrift ein zwingender Grund untergelegt werden kann, scheint nicht ausgemacht. Thatsächlich kommt die unmittelbare Verbindung wohl ebenso oft vor als die mittelbare, ohne daß bei jener üble Folgen bemerkbar geworden wären; selbstverständlich muß die Verbindungsweise entsprechend eingerichtet sein. Die unmittelbare Verbindung gewährt den großen Vorzug, daß der Ausfluß des Spülwassers unter dem vollen Druck der Wasserleitung stattfindet, daher wirksamer ist, als wenn das Wasser aus einem Zwischenreservoir, in dem ein Teil des Druckes verloren gegeben ist, ausfließt. Die mittelbare Spülung besitzt den unter Umständen vielleicht wichtigen Vorzug, daß die etwa notwendige Desinfektion der Fäkalien leicht und sicher ausführbar ist. Dem kommt hinzu, daß bei der mittelbaren Verbindung auch leicht eine Einrichtung getroffen werden kann, die den Verbrauch einer genau bestimmten Wassermenge zu jeder einzelnen Spülung sicherstellt, wodurch sowohl dem zu sparsamen als dem zu reichlichen Verbrauch von Wasser für diesen Zweck zu begegnen ist. Bei der unmittelbaren Spülung fallen solche Einrichtungen etwas verwickelt aus; es will aber beachtet sein, daß ein gewisses Plus im Wasserverbrauch gerade hier nicht unerwünscht, aber auch kaum zu fürchten ist, viel eher ein Minus.

Den notwendigen Wasserverbrauch für jede Benutzung des Wasserklosetts findet man meist zu 5–8 l angegeben, zuweilen zu 10 l. Nach Versuchen, die in London angestellt sind, sollen zur vollständigen Abführung der Fäces aus der Hausleitung, u. z. unmittelbar nach dem Zeitpunkt, wo jene aufgenommen wurden, nicht unter 13–14 l Wasser notwendig sein. Es ist jedoch nicht die Menge allein, die hier den Ausschlag giebt, da bei höherem Druck die kleinere Wassermenge eine ebenso gute Spülwirkung als die größere Menge ergeben kann.

b) Formen und Einrichtungen im weiteren Sinne.

Die Konstruktionen zeigen eine sehr große Mannigfaltigkeit. Vieles davon kommt bloß auf Verschiedenheiten des Aufstellungsorts zurück, anderes darauf, ob es sich um Wasserklosetts für öffentliche Benutzung oder für enge und engste Privatzwecke handelt. Die Bauweise öffentlicher Wasserklosetts muß notwendig eine viel robustere als die der Wasserklosetts in Privathäusern sein. Wasserklosetts, welche im Freien oder halb frei Aufstellung erhalten, bedürfen besonderer Einrichtungen zum Frostschutz.

Zu den inneren Teilen der Konstruktion (Sitze, Trichter, Becken, Traps u. s. w.) dienen sowohl emailliertes Eisen, als glasiertes Steingut und Fayence. Email löst sich in kleinen Stücken ab; die bloßgelegten Flächen rosten dann stark und halten üble Gerüche fest, indem an ihnen Faecesreste hängen bleiben, oder in die leicht entstehende Rostschicht tiefer eindringen. Glasiertes Steingut ist nicht sehr glattwandig, auch verhindert die dunkle Färbung der Glasur die gute Sichtbarkeit anhängender Verunreinigungen. Demnach ist meist hellfarbige Fayence das für den vorliegenden Zweck geeignetste Material.

Um die Gefahr des Hängenbleibens von Faecesteilen an der Trichterwand zu vermeiden, wird oft die Hinterseite desselben senkrecht gestaltet. Dem Reinlichkeitszweck im allgemeinen dient es, daß Außen- und Innenseite der Wasserklosetts dem Blicke möglichst offen liegen. Danach ist die äußere Umhüllung des Trichters, das sogen. Geschränk aus Holz, eine an sich unerwünschte Zuthat, in dem Maße unerwünschter, als dadurch die inneren Teile des Wasserklosetts mehr und mehr verdeckt werden, zumal in den Fugen und Hohlräumen sich leicht allerhand Ungeziefer, Schmutz und üble Gerüche sammeln können. Immer soll das Geschränk zur leichten Fortnahme und Wiederaufstellung eingerichtet sein. Grundsätzlich verdienen daher diejenigen Wasserklosett-Konstruktionen den Vorzug, bei denen der Gebrauch von Holz zum Sitz auf einen schmalen hölzernen Ring — der die Sitzplatte vertritt — beschränkt ist, und welche in dem Klosettraume allseitig frei aufgestellt sind. Das Holz zum Sitz und Geschränk erhält am besten helle Politur oder Firnistränkung. — Die Klosettzone muß in allen drei Richtungen möglichst große Abmessungen erhalten, besonders aber durch direktes Tageslicht gut erleuchtet sein, sollte gewöhnlich auch Einrichtungen zur künstlichen Erleuchtung haben. — Zu empfehlen ist immer die Sonderung des Klosettraumes von dem Hausinnern durch Anlage eines nicht zu engen Vorraumes. Wo die Sonderung unthunlich, ist Wert darauf zu legen, wenigstens die Luftbewegung vom Klosettraum zum Hausinnern nicht zu begünstigen, vielmehr thunlichst die umgekehrte Luftrichtung zu schaffen. Die besten Dienste leistet eine stets offene Verbindung des Fallrohres und auch des Innenraumes vom Geschränk mit einem warmen Rohr; auch die Anbringung einer sogen. Lockflamme ist zu empfehlen. Die Klosettzone muß noch besonders lüftungsfähig, jedenfalls das Fenster zum Öffnen eingerichtet sein. — Die Lage der Zone in unmittelbarer Nähe der Küche begünstigt das Hineinziehen von Klosettgerüchen in das Hausinnere.

Decke, Fußboden und Wände des Raumes sind hellfarbig, glatt

und wasserundurchlässig herzustellen, um Einsickern von Schmutzflüssigkeiten zu verhindern und auch jederzeit abwaschbar zu sein.

Der einfache Deckelverschluß des Sitzes leistet gegen das Aufsteigen übler Gerüche aus dem Fallrohr nur ungenügende, dagegen ein doppelter Verschluß, sorgfältige Ausführung vorausgesetzt, gute Dienste.

Der Schutz, welchen gegen Austreten übler Dünste in die Zelle eine Verlängerung des Fallrohrs zum Dache hinaus oder selbst der Anschluß dieser Verlängerung an ein warmes Rohr gewährt, kann niemals vollständig sein, weil üble Dünste nicht nur im Fallrohr, sondern auch in nicht völlig reinen Trichtern und im Siphon entstehen; man kann aber beide durch Anschluß an ein „warmes Rohr“ lüften.

c) Typische Formen im speziellen Sinne.

So vielfach die Wechsel in der äußeren Erscheinung der Wasserklosetts und in der Ausgestaltung der inneren Einzelheiten auch sind, so können doch alle vorkommenden Formen auf nicht mehr als drei Typen zurückgeführt werden.

Die erste Form ist diejenige des Trichter klosetts, Fig. 61, mit Siphon von 100 mm Weite am unteren Ende. Zur Spülung dient ein sogen. Selbstschlußhahn *c*, welcher durch einen Griff *d* geöffnet wird und das Wasser am oberen Umfange des Trichters so austreten läßt, daß die ganze Innenfläche desselben gespült wird: sogen. Rundspülung; dieser Typus wird in Berlin als Klosett „3. Klasse“ bezeichnet.

Wenn zwischen Trichter und Siphon ein längeres Rohrstück eingefügt wird, so entsteht das Klosett nach Fig. 62, welches in Berlin „Hofklosett“ heißt, weil es hier vielfach an Höfen zur Benutzung für die Dienstboten des Hauses u. s. w. aufgestellt wird; die tiefe Lage des Siphons gewährt Schutz gegen Einfrieren. Das im Spülrohr stehen gebliebene Wasser wird durch Selbstentleerung mittels eines kleinen Rohres nebst Hahn *R* entfernt. — Außer für angegebene Oertlichkeiten ist dies Klosett auch auf Bahnhöfen (z. B. der Berliner Stadtbahn) in Anwendung. Dort ist mit demselben eine Einrichtung zur Selbstspülung (nach Patent Goodson) verbunden, welche in Fig. 62 mit angedeutet, in Fig. 63 im größeren Maßstabe dargestellt ist.

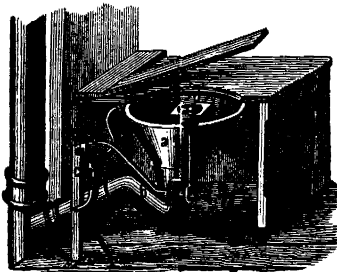


Fig. 61.
Trichter klosett.

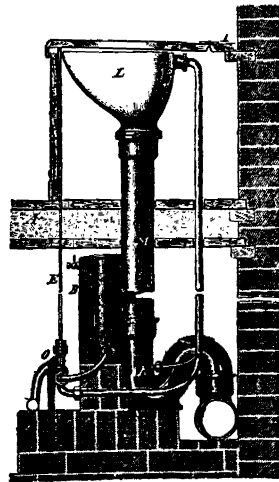


Fig. 62.
Hofklosett.

Das auf einen schmalen Ring reduzierte Sitzbrett steht mit einer Stange *E* in Verbindung, welche einen Kolben *A* und unter demselben ein Doppelventil trägt. Beim Niederdrücken des Sitzbrettes öffnet sich das obere (*b*) der beiden Ventile und läßt Wasser aus der Leitung durch das Rohr *D* in einen Windkessel übertreten. Wird der Sitz wieder entlastet, so schließt sich vermöge des im Windkessel herrschenden Drucks das Ventil *b*, während das untere Ventil *c* öffnet und die im Windkessel befindliche Wassermenge durch das Rohr *G* in den Klosetttrichter übertreten läßt. — Es ersieht sich, daß der Spülapparat ebenso gut neben als unter dem Trichter angeordnet werden kann; die tiefe Lage gewährt aber den Vorteil, daß dabei, um Raum für den Spülapparat zu schaffen, die Zelle nicht vergrößert zu werden braucht.

Dem Trichter der dargestellten Form ist der Vorwurf gemacht worden, daß im unteren Teil desselben leicht Papierreste hängen bleiben, auch das im Siphon stehende Wasser oft noch schmutzig und dadurch gefährlich ist, und den Einblick in den Trichter unangenehm macht.

Um diese Mängel zu vermeiden, hat man Trichter mit „Zunge“ nach Fig. 64 angewendet. Es kann in dieser Aenderung eine Verbesserung jedoch kaum erblickt werden, weil nun der Winkel unter der Zunge ein versteckt liegender Sammelort für Schmutz u. s. w. wird. Es würde eine Verbesserung sein, durch eine von unten nach oben gerichtete (zweite) Zunge jenen Winkel abzusperren. Auf der Zunge liegen gebliebene Papierreste sind auch schwer fortspülbar.

Eine Einrichtung, die nur scheinbare Vorzüge vor dem Trichterklosett hat, besitzt der Typus Fig. 65, das Beckenklosett (auch Pancloset genannt). Hier ist zwischen Trichter und Abflußrohr ein

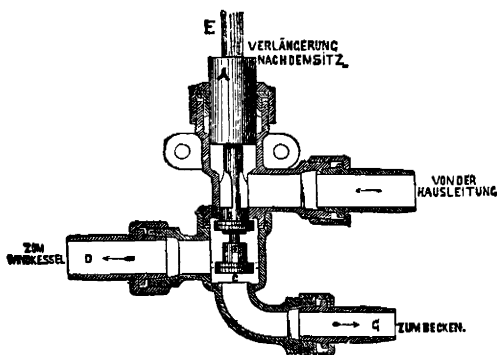


Fig. 63.
Zum Klosett mit Selbstspülung, Fig. 62.



Fig. 64.
Klosetttrichter mit Zunge.

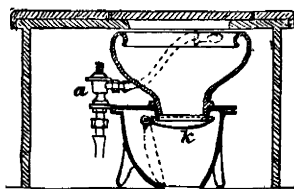


Fig. 65.
Beckenklosett.

sogen. Stinktopf eingeschaltet und das untere Trichterende durch eine Kippschale *K* aus Kupfer verschlossen, welche mit Spülwasser gefüllt bleibt. Das Beckenklosett hat also, wenn am oberen Ende des Fallrohrs ein Siphon angeordnet wird, zwei Wasserschlüsse, wovon der eine fest, der andere beweglich ist.

Um die auf dem Boden des Trichters liegenden Fäkalien in den Stinktopf zu entleeren, wird eine Zugstange gehoben, wobei mittels eines Hebels die Kippschale zum Umkippen gebracht und gleichzeitig das Ventil *a* der Wasserleitung geöffnet wird. Wird die Zugstange wieder losgelassen, so senkt sich der Hebel, und die Kippschale nimmt ihre frühere geschlossene Lage selbstthätig rasch von neuem ein, und zwar schon etwas früher, als der Ausfluß des Wassers in den Trichter gendet

hat. Vermöge dieser kurzen Verlängerung der Spüldauer wird das in der Kippschale stehende bleibende Wasser in der Regel klar sein.

Dieser Vorzug ist im Beckenklosett aber nur unter Eintausch eines anderen, größeren Uebelstandes verwirklicht. Der Stinktopf bildet einen Sammelort für Kotreste, die an den Wänden desselben durch Spritzen u. s. w. ausgebreitet werden und dauernd dort verbleiben. Da dieselben nur schwierig zu entfernen sind, werden bei jeder Oeffnung der Kippschale übelriechende Gase durch den Trichter in dem Klosterraum aufsteigen.

Ein zweiter Uebelstand des Beckenklosetts ist es, daß die Konstruktion eine gewisse Höhe erfordert, die man entweder durch Anbringen einer Stufe vor dem Sitz oder durch Senken des Stinkstoffes unter Fußbodenhöhe schaffen muß. Man hat für diesen Uebelstand Abhilfe in einer Reihe von Konstruktionen gesucht, die alle minder einfach als die ursprüngliche sind und deshalb hier übergangen werden. (Eine der bezüglichen Konstruktionen s. in Emmerich a. a. O.)

Den dritten Typus der Wasserklosetts bilden die Jenningsklosetts, welche einen Trichter besonderer Form und als zweiten, beweglichen Wasserschuß ein Ventil haben. Da der Trichter aus einem einzigen Stück besteht, bedürfen die Jenningsklosetts keines Sitzgeschränkes.

Die Konstruktionseinzelheiten sind sehr wechselnd. Die einfachste Konstruktion zeigt Fig. 66, S. 268. Auf der als Hohlkörper ausgebildeten Zugstange *Z* des Ventils steckt ein ringförmiger Schwimmkörper *S*, an welchem zwei Zugstangen befestigt sind, die mittels Hebels einen Selbstschlußhahn öffnen, wonach das Spülwasser bei *R* des Beckens ausfließt. Denkt man sich das Becken gefüllt und nun, nachdem eine Benutzung des Klosetts stattgefunden hat, das Ventil *V* mittels des Griffs *G* gehoben, so stürzt das Wasser plötzlich in den Siphon *T*; gleichzeitig tritt aber durch *R* neues Spülwasser ein. Wird dann der Zug *G* losgelassen, so schließt das Ventil wieder; es geht aber der Wasserzufluß durch *R* noch so lange weiter, bis das Wasser im Becken, und damit zugleich der Schwimmer *S*, den normalen Höhenstand wieder erreicht haben. Das Aufsteigen von Dünsten aus dem Abfallrohr *A* ist durch den doppelten Wasserschuß wirksam verhindert, und die rasche Entleerung des Spülwassers in den Siphon *T* verbürgt auch eine wirksame Spülung des letzteren. Die Konstruktion ist jedoch darin mangelhaft, daß die Gummidichtung des Ventils *V* oft reparaturbedürftig wird. Es fehlt alsdann der obere (bewegliche) Wasserschuß, und die Fäkalien werden im Becken auf der sehr flachen Sohle desselben liegen bleiben. Umgekehrt ist bei kleinen Unordnungen am Hebel und Selbstschlußhahn *T*, wie auch beim Einschütten großer Waschwassermengen in das Becken die Gefahr vorhanden, daß der Wasserstand im Becken zeitweilig über den normalen ansteigen und die Benutzung des Klosetts unmöglich, oder doch die heftige Verspritzung dieselbe höchst unangenehm machen kann.

Beide Uebelstände sind bei der in Fig. 67 mitgetheilten Ausführungsweise beseitigt, bei welcher das Ventil in ein Standrohr hinter das Becken verlegt ist. Beim Heben desselben wird, kraft Heberwirkung, der Wasserinhalt des Beckens über den Rand des Standrohrs rasch entleert. Schutz gegen zu hohe Wasseransammlung im Becken soll ein kleiner Nebensiphon *y* gewähren, durch welchen die überflüssige Wassermenge aus dem Becken abfließen kann. Ein Kugelventil, das am unteren Ende

des Siphons liegt, hat den Zweck, das Aufsteigen von Gerüchen aus dem Hauptsiphon in den Klosettraum zu verhindern. Da aber auf den luftdichten Abschluß der Kugel (nach speziellen Versuchen von Emmerich, a. a. O.) nicht gerechnet werden kann, ist es rätlich, auf den Kugel-

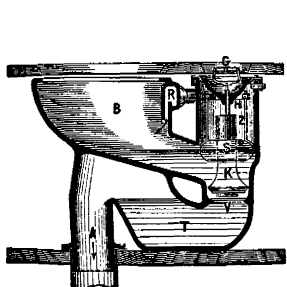


Fig. 66.

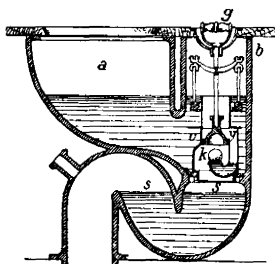


Fig. 67.

Klosetts nach Jennings.

verschluß zu verzichten und durch Anbringung eines besonderen Abflußrohres für erleichterte Abführung von Gerüchen wie auch für Erhaltung steter Wasserfüllung des Nebensiphons durch Anbringen eines kleinen, beständig laufenden Hahnes zu sorgen.

Besonders die nicht ausreichend einfache Konstruktion des Jenningsklosetts, die eine häufige Gefahr für die Funktionsfähigkeit bildet, hat dazu geführt, auf die Grundform des einfachen Trichterklösetts zurückzugreifen. In dieser Weise ist der unter verschiedenen Namen neuerdings in Verkehr tretende, Wash-out genannte Klosetttypus, Fig. 68, entstanden.

Das Charakteristische daran besteht in der Einschaltung eines flachen Tellers nahe unter der Oberkante des Trichters, auf welchem beständig eine Schicht reinen Wassers einige Centimeter hoch steht, welches langsam durch ein paar kleine Oeffnungen an der Hinterseite des Beckens noch eintritt, nachdem die eigentliche Spülung bereits beendet ist. Beim Beginn der Spülung findet Teilung des Spülstroms statt, indem der kräftigere Teil auf den Teller geleitet, der schwächere zur Berieselung der Trichterwand benutzt wird.

Durch die hohe Lage des Tellers wird Sorgfalt bei der Ausführung der Spülung erzwungen, durch die geringe Tiefe der Wasserschicht auf dem Becken das Verspritzen des Wassers eingeschränkt, durch die Herstellung des Trichters in einem Stück ein Sitzgeschränk entbehrlich und ein schmales, ringförmiges Sitzbrett genügend. Da jedoch die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, daß im Siphon gelegentlich auch unreines Wasser stehen bleibt, empfiehlt es sich immer, für Luftabzug aus demselben zu sorgen.

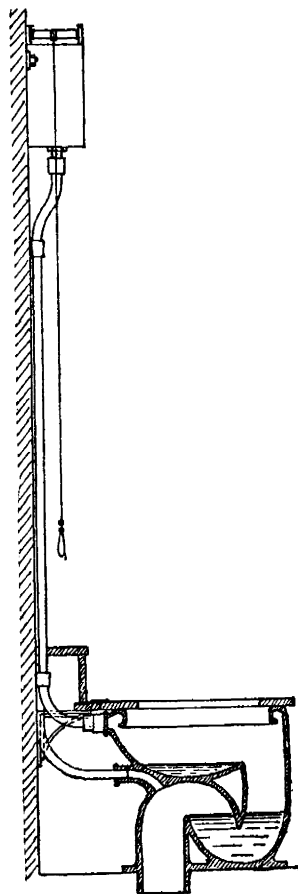


Fig. 68.
Wash out.

5. Pissoire.

Becken aus emailliertem Gußeisen oder besser Fayence erhalten eine Spüleleitung von 13 mm und Abflußleitung von 50 mm Weite. Werden mehrere Stände unmittelbar nebeneinander angelegt, so dienen bei höheren Anforderungen ebenfalls Becken, am besten sogen. Schnabelbecken, während bei geringeren Stände mit Trennung durch feste Wände und Verkleidung der Hinterwand ausgeführt werden. Standbreite 75 bis 85 cm, Standtiefe 50—60 cm; Höhe der Trennwände 1,3—1,8 m. Die Trennwände werden aus Schiefer oder Marmor hergestellt und endigen im Interesse besserer Beleuchtung und Reinlichkeit frei 10 bis 15 cm über Fußboden. Zur Wandbekleidung sind Rohglatafeln am geeignetsten, Schiefer und Marmor (beide geschliffen) weniger gut, weil sie Feuchtigkeit aufsaugen; dieser Grund kann aber da hinfällig sein, wo die Rückwand beständig ausreichend berieselt wird. Cementüberzug der Rückwand ist wegen seiner schmutzigen Farbe der Reinlichkeit abträglich, Asphaltüberzug besser, aber an senkrechten Flächen nur schwer anzubringen. Neuerdings kommen halbcylindrisch gestaltete Rückwände, die sich am unteren Ende in die Ableitung fortsetzen, vor; sie sind aus emailliertem Gußeisen hergestellt. Um das Verspritzen von Urin einzuschränken, erhält die Rückwand etwas Sturz, etwa 5—10 cm auf 1 m Höhe. Der Fußboden des Raumes ist wasserdicht und, zur weiteren Beförderung der Reinlichkeit, mit einigem Gefälle nach der am Fuße der Rückwand befindlichen offenen Rinne anzulegen. Rinnengefälle 3—5 cm auf 1 m; Abflüsse derselben in Abständen von 2—3 m; Fußbodengefälle 1—2 cm auf 1 m. Abflüsse sollen einen Wasserschluß erhalten. Unmittelbar vor den Ständen wird der Fußboden zuweilen mit einem kleinen, fortnehmbaren Lattenrost bedeckt; die Zweckmäßigkeit ist fragwürdig. Becken bekommen einen Wasserschluß und ein Ueberlaufrohr; ersterer liegt dicht unter dem Becken; letzteres ist zwischen Beckenboden und Wasserschluß, nicht unterhalb des letzteren, mit dem Ablauf zu verbinden. — Oelpissoire bestehen aus Steingut-Becken mit doppelter Wand und zwischenliegendem Hohlraum, der mit Oel gefüllt wird. Indem das Oel die poröse Wand durchdringt, bildet es auf der Oberfläche eine dünne Haut, welche das Anhaften von Schmutz verhindert.

Bei den in Höfen und auf Straßen aufgestellten Pissoiren ist der Frostschutz von Wichtigkeit. Man schafft denselben am einfachsten durch Anlage eines Kellers unter dem Gebäude, in dem die sämtlichen Vorrichtungen für Zu- und Abfluß angebracht sind, event. ein Ofen zur Lufttemperierung aufgestellt werden kann. Wird ein besonderes Häuschen erbaut, so ist die Anordnung der Stände an der Außenwand raumersparender als diejenige mit einem Mittelposten.

Den geeignetsten Platz finden häusliche Pissoire in der unmittelbaren Nähe eines warmen Rohres (Schlotes) u. s. w., das die Gerüche absaugt. Pissoire in Kellern müssen besonders sorgfältig gelüftet werden, und die Wände oder Mauern sind vor dem Eindringen von Urin gut zu schützen, nicht nur wegen der üblen Gerüche und der aufsteigenden Feuchtigkeit, sondern auch, weil das vorkommende Ammoniak mit den Alkalien des Mauerwerks leicht flüssige, die Mauer zerstörende Salze bildet.

Ueber Pissoire vergleiche auch S. 110 dieses Bandes.

6. Waschbecken.

Aus emailliertem Gußeisen oder, besser, Fayence hergestellt, erhalten sie Zuflußrohre von 10 cm und Abflußrohre von 20 mm Weite, in letzteren gewöhnlich ein Ventil und immer einen Wasserschluß; hinzukommen muß ein Ueberlaufrohr mit Anschluß an den Ablauf zwischen Beckenboden und Siphon. Letzterer muß stets leicht zugänglich sein, auch wenn das Becken einen Untersatz oder ein vollständiges Holzgeschränk erhält. Der Zufluß erfolgt seitlich direkt zum Becken oder auch über dem Rand der Schale, der Hahn dazu muß stets frei liegen.

An die Beckenform bei den Wasserklosetts erinnert bei den Waschbecken die Form der sogen. Kippschalen. Dabei wird die Schale an zwei nahe über dem Schwerpunkt liegenden Zapfen so aufgehängt, daß sie gefüllt leicht nach hinten umkippt und ihren Inhalt in einen zum Schutz gegen Säureangriffe mit Bleiplatten ausgelegten Trog mit nach rückwärts fallendem Boden entleert, von dem er in eine Leitung mit Wasserschluß aufgenommen wird. Da an den großen, verdeckt liegenden Trogrändern leicht Schmutzteile haften bleiben, sind Kippschalen kaum zu empfehlen; jedenfalls bedürfen sie reichlicher Spülung. Günstig ist an ihnen, daß für eine größere Zahl von Kippschalen ein einziger Ablauf ausreicht.

(Ueber Badeeinrichtungen vergl. in dem von R. Schultze verfaßten Abschnitt über Volksbäder in Bd. VI dieses Handbuchs, ferner in Bd. IV Allgemeine Wohnungshygiene.)

Dr. R. Emmerich, Wasserklosett-Anlagen, München 1892 (Sonderabdruck aus dem Bayr. Industrie- u. Gewerbebl.).

Assmann, Die Be- und Entwässerung von Grundstücken, 1893.

Beielstein, Die Wasserleitung in Wohngebäuden, 2. Aufl. (1884).

Außerdem eine so reichhaltige Litteratur in technischen Zeitschriften, daßs jedes Eingehen darauf ausgeschlossen, bezw. überflüssig ist.

7. Größe der häuslichen Entwässerungsleitungen und Material.

a) Weite der Leitungen.

Für die Rohrweite bei Hausleitungen sind die abzuführenden Wassermengen weniger bestimmend als Momente sonstiger Art. Der besondere Einfluß, den die Rücksichten auf den Luftwechsel üben, ist unter XIV besprochen worden. Es könnte scheinen, als ob reichliche Weiten für den Luftwechsel allgemein günstig seien; doch ist zu beachten, daß, wenn auch die größere Weite den Luftwechsel in mehrfacher Art begünstigt, sie andererseits der Reinhaltung der Rohre entgegenwirkt; es werden dadurch die der Verunreinigung ausgesetzten Flächen vergrößert, die Bewegung des Wassers wird verlangsamt, das Verspritzen desselben begünstigt, die Spülwirkung gemindert. Auch können bei großen Weiten die Rohre leicht als bequemes Beseitigungsmittel für allerhand lästige oder schädliche Dinge benutzt werden.

Um letztere, nicht gering anzuschlagende und durch keinerlei Verbote, Ueberwachung u. s. w. zu begebende Gefahr auszuschließen, dürfen alle Eingänge in die Leitungen (Ausgüsse u. s. w.) eine gewisse minimale Weite nicht überschreiten; in Berlin sind z. B. als zulässige Größtweite der Abflußöffnungen von Wasserklosetts (bei denen die Gefahr mißbräuchlicher Nutzung immer besonders groß ist) 7 cm festgesetzt, ähnlich auch anderswo. Grundsätzlich sollen die Eingangsweiten geringer sein als die Weite der Leitung im übrigen Teil.

Wenn aber die Rohrweiten zu gering festgesetzt werden, so vermehrt sich die Gefahr gelegentlicher Verstopfungen durch Hineingelassen unehöflicher Dinge. Anderweit übt die Frostgefahr einen Einfluß auf die Rohrweite insofern, als dieselben in der Regel das Brauchwasser nur stoßweise abführen, wobei aber die Beendigung sich oft weit hinauszieht, weil der Abfluß sich gegen das Ende des Abflusses verlangsamt. Dies findet um so mehr statt, je größer die Rohrweite ist. Je größer die Rohrweite, um so mehr treten auch die Rohre mit den Einrichtungen u. s. w. der von ihnen berührten Räume in Konflikt und um so schwerer lassen sie sich den oft vorkommenden Ablenkungen von der geraden Richtung anpassen.

Nach den hier angegebenen und nach sonstigen Rücksichten, z. B. auf die Verbindungsweise der Teile der Rohrleitung, die Lage, ob frei oder unter Fußboden, ob senkrecht (stehend) oder liegend, giebt man Hausleitungen etwa folgende Weiten:

	Stehende Rohre	Liegende Rohre
Für 1 oder 2 Küchenausgüsse	50 mm	50—65 mm
„ 3 oder mehr Küchenausgüsse	65 „	100 „
„ Ableitungen von 1 bis 4 Wasserklosetts	100 „	125 „
„ „ „ mehr als 4 Wasserklosetts	125 „	125—175 „
„ „ „ 1 oder mehreren Waschtischen	38—50 „	50—65 „

Werden die Rohre mehrerer Gattungen von Ausgüssen zusammengefaßt, so macht man zu dem Durchmesser des größten Einzelrohres einen geringen Zuschlag, der aber nur mäßig sein soll, um die Spülwirkung nicht zu beeinträchtigen.

b) Material der Leitungen.

Glasierte Thonrohre. Unter Bezugnahme auf X, 1 bleibt hier nur dasjenige nachzutragen, was in Hinsicht auf den besonderen, hier vorliegenden Verwendungszweck Bedeutung hat. Die geringste Weite, in denen solche Rohre fabriziert werden (10 cm), ist für manche Stellen im Hause schon zu groß. Sie reicht aber nicht aus, damit die Arbeiter zur Dichtung der Stöße mit der Hand hineinfahren können. Damit dies auch bei Rohren möglich sei, welche ausreichende Weite besitzen, müssen kürzere Enden (von 20, 40, 60 und 80 cm) außer den Rohren der normalen Länge von 1 m zur Verfügung stehen; es wird dadurch die ohnehin schon große Zahl der Stöße (der schwachen Punkte der Leitung) noch vermehrt. Zum Dichten der Stöße wird am besten ein etwas elastisches Mittel verwendet, damit nicht bei dem fast unausbleiblichen Setzen des Gebäudes und Erschütterungen desselben Brüche eintreten. Da an volle Luftundurchlässigkeit der Leitungen der kleinen unausbleiblichen Risse wegen kaum zu denken ist, wird man glasierte Thonrohre jedenfalls nicht durch warme Räume oder solche führen dürfen, bei denen die Gerüche sicher ausgeschlossen sein müssen. Die häufigste Benutzung derselben findet bei Klosettrohren und zu Leitungsstücken statt, die unter der Kellersohle liegen. Wenn aber solche Strecken mit Mauern kreuzen, so empfiehlt es sich, die Kreuzungsstelle aus Eisenrohr herzustellen.

Gußeiserne Rohre. Dieselben werden im regelmäßigen Fabrikbetriebe bis zu Minimalweiten von 4 cm (nur ausnahmsweise bis 2,5 cm) hinab hergestellt und in Längen von 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 und 3,0 m. Daraus ergibt sich eine entsprechende Verminderung der Stöße und bezw. Dichtungen, die mit Bleiring und viel sicherer, als bei glasierten Thonröhren möglich ist, bewirkt werden. Da die Rohre sehr dünnwandig sind, beanspruchen sie nur geringen Raum; hingegen bringt ihre Starrheit hier und da Schwierigkeiten bei Richtungswechseln der Leitung mit sich. Gußeiserne Rohre werden auch unter der Wirkung von Säuren, welche das Schmutzwasser enthält, sowie unter dem wechselnden Einfluß von Feuchtigkeit und Luftsauerstoff, dem sie unterstehen, im Innern angegriffen, wogegen die übliche „Asphaltierung“ nicht vollständig schützt; sicher in dieser Beziehung sind nur emaillierte Eisenrohre, die sich auch rein halten und in denen daher auch bessere Luftbeschaffenheit herrscht.

Bleirohre. Dieselben besitzen die großen Vorzüge, in jeder Weite erhältlich und so biegsam zu sein, daß sie sich jedem Richtungswechsel der Leitung mit Leichtigkeit anschmiegen, auch bei Senkungen, Erschütterungen und Erzitterungen des Hauses nicht brechen, wenig Raum einnehmen und in so großen Längen zur Verfügung stehen, daß die Zahl der Dichtungen sehr gering bleibt; die Dichtungen sind auch mit vollster Sicherheit und sehr leicht ausführbar. Endlich ist Blei sehr widerstandsfähig gegen die Säuren, welche Abwasser enthalten. Deshalb stehen Bleirohre zu Abflußleitungen in ausgedehntem Gebrauch, wobei sie jedoch ihrer großen Biegsamkeit wegen gewöhnlich auf stehende Leitungen beschränkt sind; sie sind auch leicht Beschädigungen durch Druck oder Stoß ausgesetzt, was für offene Lage sehr zu berücksichtigen ist.

8. Allgemeine Anordnung sowie Einzelheiten der Hausentwässerungsanlagen.

Auch wenn nur eine Abflußleitung anstatt mehrerer (vergl. unter 1 oben S. 252) für ein Grundstück angelegt wird, kommt der Fall selbst in kleinen Häusern häufig vor, daß zwei Fallrohre angeordnet werden, indem man die Klosettwater von den übrigen Abwassern trennt. Im allgemeinen muß das Verfahren als übertrieben vorsichtig, nach einer Seite hin sogar als schädlich bezeichnet werden. Denn ob die Küchenwasser reiner als die Klosettwater sind, ist mindestens sehr ungewiß. Sind sie nicht reiner, so ist die Trennung immer schädlich; und auch wenn sie reiner sind, kann die Trennung dadurch schädlich sein, daß wegen der Verunreinigung der Spülwassermengen Spülung und Luftwechsel in den Rohren minder gut sind als bei gemeinsamer Abführung der Abwasser.

Danach ist die allgemeine Regel gut begründet, daß die Abwasserleitungen möglichst zusammengezogen werden sollen. Möglichst alle Leitungen, die im Innern des Hauses vorkommen, wenigstens aber die Mehrzahl soll in einem Fallrohr zusammengeführt werden.

Hinsichtlich der allgemeinen Anordnung der Hausrohre spielt es eine große Rolle, ob in der Disposition des Hauses auf die Entwässerungsanlage Rücksicht genommen ist oder nicht. Ist ersteres der Fall, so gilt als Grundsatz: möglichste Kürze der Rohrleitungen

und größte Einfachheit der Anlage. Es dürfen auch keine eckförmigen Verbindungen vorkommen, sondern alle Verbindungen sind möglichst schlank zu gestalten und Richtungswechsel durch Bögen zu vermitteln. Weiter kommt noch etwa folgendes in Betracht: Zunächst die Beschaffenheit der Abwasser: Leitungen, die nur Klosettstoffe abführen, müssen wegen der Möglichkeit, daß darin gelegentlich ungeteilte Reste von fester Beschaffenheit mit abfließen, größere Weiten erhalten als Leitungen, die Wasser aus Badewannen oder selbst Küchen führen. Leitungen, die der Gefahr der Verstopfung unterworfen sind, müssen stärkere Gefälle als die übrigen erhalten; man darf dieselben innerhalb des Hauses nicht mit schwächeren Gefällen als 1:10 verlegen. Aus diesen beiden Ursachen: größere Rohrweiten und größere Rohrgefälle, folgt die Notwendigkeit, Hausleitungen möglichst nahe zusammenzurücken. Wo dies nicht möglich ist, und daher zwischen mehreren Fallsträngen, um sie in einen einzigen zusammenzuziehen, schräge Verbindungssteile von größerer Länge notwendig sind, thut man besser, mehrere Fallstränge anzuordnen.

Von gesundheitlichem Standpunkte ist zu fordern, daß die Leitungen auf kürzestem Wege zum Hause hinausführen, daß sie möglichst an jeder Stelle unmittelbar zugänglich liegen, daß insbesondere keine Leitungen in Hohlräumen von Zwischendecken untergebracht werden. Es braucht bei diesen Forderungen nur an die Gefahr der Schadhafthwerdung erinnert zu werden.

Eine andere wichtige Rücksicht ist diejenige auf die Frostgefahr. Abflußrohre, welche an Außenwandungen liegen, frieren leicht ein. Der Frost beginnt an Stellen plötzlicher Richtungs- oder Neigungswechsel oder da, wo zwei Rohre in ungeschickter Weise zusammengeführt sind; solche Stellen müssen daher, namentlich, wenn sie hinter Außenwänden von Gebäuden sich befinden, die nach Norden liegen, mit besonderer Sorgfalt behandelt werden, sind eventuell mit Umhüllungen aus Wärmeschutzmasse zu sichern, und das um so stärker, wenn sie von geringem Kaliber sind. Eines besonderen Schutzes gegen Frost bedürfen auch Durchgangsstellen der Leitung durch die Umfassungsmauern des Gebäudes, weil, wenn hier nicht ein ganz dichter Schluß der Oeffnung wieder erzielt wird, sich im Winter eine stark abkühlende Einströmung der Grundluft ins Haus entwickelt. — In den Fallrohren wird die Frostgefahr durch die Luftverdünnung vermehrt, welche beim Herabstürzen von Wassermengen entsteht, weil damit starke Abkühlungen der Luft verbunden sind. — Wie die kalte Lage der Rohre, kann auch die warme bedenklich sein, weil sie Bildung von üblen Gerüchen begünstigt. Solche Rohre müssen daher besonders kräftig wirkende Lüftungseinrichtungen erhalten.

Was die Frostsicherheit der Außenleitungen auf dem Grundstück betrifft, so ist folgendes zu beachten: Leitungen, welche nur Klosettwasser führen, frieren bei der niedrigen Temperatur dieser Wasser besonders leicht ein, desgleichen Leitungen, welche Spritzwasser von Pumpen zugeführt erhalten. Abwasser, welche Küchen- und Badewasser enthalten, besitzen eine etwas höhere Temperatur, und da die Außenleitungen auf dem Grundstück meist in der Nähe der Gebäudemauern liegen, so würde die Gefahr des Einfrierens solcher Leitungen, die Küchen- und Klosettwasser vereint abführen, nicht groß sein, wenn in ihnen eine beständige Wasserführung stattfände. Da aber der Abfluß sich meist auf kurze Zeitabschnitte beschränkt, da ferner durch kräftigen Luft-

wechsel in den Röhren zeitweilig eine starke Abkühlung herbeigeführt werden kann, so darf auf die in den begünstigenden Umständen liegende Garantie nicht viel gerechnet werden, sondern es muß die Tiefenlage auch der hier in Rede befindlichen Leitungen so groß gewählt werden, um Frostfreiheit zu verbürgen.

Um Wasserzuleitungsrohre vor Frost zu sichern, werden dieselben streckenweise zuweilen unmittelbar neben die Entwässerungsleitungen in den Boden eingebettet. Dadurch können aber die letzteren, wenn klein, so stark abgekühlt werden, daß die Gefahr des Einfrierens entsteht. Ob die Frage einer möglichen Beschädigung der Wasserleitungs-Rohre und ihres Inhaltes Bedeutung besitzt, ist durchaus von Oertlichkeit und Einrichtung abhängig.

Ein sehr gutes Sicherungsmittel gegen Frostgefahr ist das Verlegen einer Leitung in einer zweiten von entsprechend größerem Durchmesser, weil die in dem ringförmigen Zwischenraume befindliche Luftschicht ein schlechter Wärmeleiter ist.

Außer den bereits besprochenen Ursachen können ungünstige Gefälle, zu geringe Weiten, fehlerhafte Zusammenführung von zwei Rohren, endlich besonders hoher Gehalt der Abwasser an Sink- und Schwebestoffen nicht nur die Frostgefahr, sondern allgemein die Gefahr vor Störungen des Abflusses mit sich bringen. Um gröbere Stoffe abzuhalten, sind in den Boden von Ausgußbecken Siebe von 3–4 mm Lochweite einzulegen, fett- und seifenhaltige Wasser durch Einsetzen von Fettöpfen in die Leitungen von Fett u. s. w. zu befreien. Dies ist besonders notwendig, wenn in dieselbe Leitung Kaffeesatz in einigen Mengen gelangt, weil er mit jenem Krusten und Ballen bildet, durch die eine enge Rohrleitung sehr leicht verstopft wird.

Um der nicht geringen Gefahr, daß Ausgußbecken, die unter Zapfhähnen liegen, gelegentlich Ueberschwemmungen anrichten, zu begegnen, werden an solchen Becken Ueberlaufrohre angebracht, die, um ausreichende Sicherheit zu gewähren, immer erst hinter dem Wasserschluß in die Ableitung eingeführt werden sollten, aber wegen der dabei möglichen Gefahr des Austretens von Gerüchen den Anschluß an die Ableitung zuweilen zwischen Becken und Wasserschluß erhalten. Ganz besondere Bedeutung besitzt die Anbringung von Ueberlaufsröhren bei Becken, welche in Räumen mit Holzfußboden liegen.

An solchen Stellen einer Rohrleitung, wo durch schwaches Gefälle, oder Querschnittserweiterungen, oder plötzliche Richtungsänderungen, auch wenn sie durch schlanke Bogenstücke vermittelt sind, oder wegen unvermeidlich flacher Lage der Leitung Betriebsstörungen gewärtigt werden müssen, ist für Zugänglichkeit der Leitung zu sorgen. Es geschieht dies entweder durch Anlage von Einsteigeschächten, oder zur Terrainoberfläche schräg hinaufgeführten, verstopferten Rohrenden, welche die Einführung eines Werkzeuges zum Forträumen des Hindernisses gestatten. Einsteigeschächte werden entweder so angelegt, daß die Röhren in den Schacht ein- bzw. ausmünden — was nicht gerade erwünscht ist — oder aber besser so, daß die Leitung im Schacht nicht unterbrochen wird, hier aber mittels eines sogen. Reinigungsflansches einen mit Deckel verschlossenen Zugang erhält.

9. Spülung der Hausleitungen.

Die Zapfstellen im Hause bilden im allgemeinen ausreichende Spülvorrichtungen, und desgl. können die Regenrohre zur Erfüllung dieses

Zweckes mit herangezogen werden (vgl. unter 2, S. 253). Es sind daher Spüleinrichtungen für Hausleitungen nur unter besonderen Umständen oder für besondere Zwecke erforderlich, wie z. B. da, wo der Wasserverbrauch im Hause ein sehr beschränkter ist, wo Frostgefahr besteht, oder auch wo ungenügendes Gefälle oder Ablagerungen begünstigende Bestandteile der Leitung zu gelegentlichen Betriebsstörungen Anlaß geben können. Die Spülwirkung muß hier mehr in der Plötzlichkeit der Entleerung als in der Spülwasser-Menge gesucht werden. Dieser Anforderung können aber die Zapfstellen der häuslichen Wasserleitung nicht leicht genügen und ebenso wenig Spüleinrichtungen, welche den Schwimmkugelhahn in der gewöhnlichen Anordnung benutzen. — Für die Spülung von Außenleitungen auf dem Grundstück lassen sich eventuell Spülschächte (s. unter XIII) anlegen. — Pissoirspülungen werden entweder konstant oder intermittierend eingerichtet. Im ersten Falle ist der Wasserverbrauch ein außerordentlich hoher. Derselbe beträgt nicht unter 200 l pro Stunde und Stand, in Berlin rund 3 cbm pro Tag und Stand. Die Kostspieligkeit hat Veranlassung gegeben, intermittierende Spülung einzurichten, welche mit nur $\frac{1}{5}$ — $\frac{1}{10}$ der Wassermenge die gleiche Spülwirkung leistet wie die konstante Spülung, dennoch aus ersichtlichen Gründen nicht gleichwertig mit der ersteren ist.

Eine betr. Einrichtung, die von Schmetzer angegeben ist, zeigt Fig. 69: dieselbe besteht aus einem größeren und einem kleineren Behälter, welche durch ein Heberrohr dauernd in Verbindung stehen. Das obere Ende des Spülrohrs ist durch ein Kugelventil *K* geschlossen, dessen Kugel an einer Stange hängt, die an einem auf einer Schneide *c* ruhenden Hebel angreift. Das andere Hebelende trägt den zweiten Behälter, der im Boden ein kleines Loch hat. Das Heberrohr *b* tritt in Thätigkeit, sobald in dem großen Behälter der Wasserspiegel die Höhe des Heberscheitels erreicht. Das alsdann beginnende Uebertreten des Wassers in das kleine Gefäß bringt dieses zum Sinken, infolge wovon das Ventil *K* öffnet. Nach der stattgefundenen plötzlichen Entleerung des Spülwassers erfolgt der Schluß des Ventils dadurch, daß infolge Austrittes einer gewissen Wassermenge durch das Loch im Boden des kleinen Behälters *g* das Ventil *K* wieder das Uebergewicht erlangt und auf seinen Sitz zurückfällt. Durch eine entsprechende Hahnstellung kann die Zeit zur Füllung des Spülgefäßes beliebig geregelt, daher mit dem Apparat jeder beliebige Grad in der Häufigkeit der Spülung erzielt werden.

Einen anderen einfachen Spülapparat zeigen Figur 70 und 71. Im Spülgefäß liegt ein hohler Hebel, dessen eines Ende mit dem Bodenventil verbunden ist, dessen anderes eine Schwimmkugel trägt, welche an der Oberseite offen ist. In den Figuren ist die Einrichtung so dargestellt, daß mittels einer Zugstange die Kugel ein wenig unter

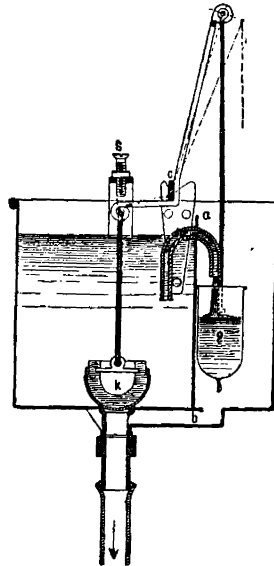


Fig. 69. Intermittierende Spülvorrichtung für Pissoire.

den Spiegel des gefüllten Bassins gebracht wird, wonach dieselbe — mit dem Hebel — sinkt, das Bodenventil öffnet und das Spülwasser entleert wird. Es kann auch die Einrichtung dadurch leicht zur Selbstthätigkeit umgestaltet werden, daß man den Spiegelstand im Reservoir sich etwas über den höchsten Stand der Kugel hinaus heben läßt und desgl. durch entsprechende Hahnstellung den Spülbehälter in regelmäßigen Zeitabschnitten füllt.

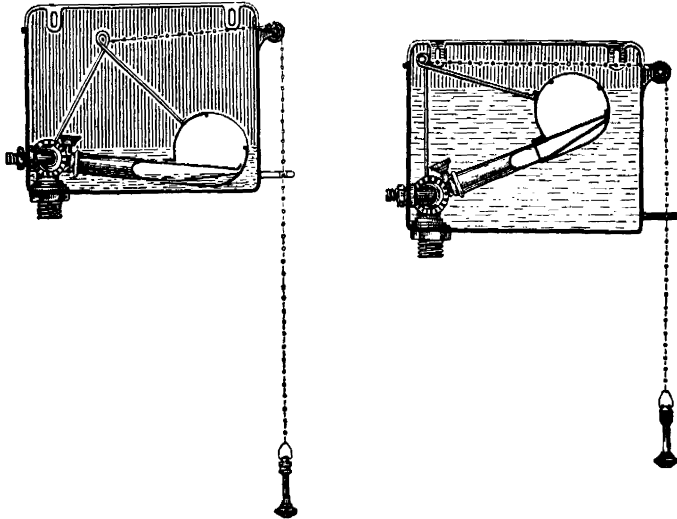


Fig. 70. Intermittierende Spülapparate. Fig. 71.

Von noch anderen Vorrichtungen, die zahlreich vorkommen, mag endlich nur noch eine Spülvorrichtung hier angeführt werden, in welcher die Hauswasser selbst zum Spülen dienen. Die von Rothe angegebene, in Fig. 72 dargestellte Vorrichtung wird bei der Kanalisation von Potsdam, sowie in mehreren anderen Orten in der Nähe Berlins zum Spülen der Hausanschlüsse benutzt. Durch Schlitzte, die in der Sohle eines oben offenen, kurzen Rinnenstückes angeordnet sind, wird ein Teil des durch-

fließenden Hauswassers abgesondert und gelangt durch die Oeffnung *c* in einen Schacht *g*, während ein anderer Teil, über die Schlitzte fortfließend, den geraden Weg durch das Ablaufrohr *f* fortsetzt. Wenn im Schacht *g*, auf dessen Boden die schweren Sinkstoffe aus dem hierher geführten Teil des Wassers gesammelt werden, das Wasser sich bis zum Scheitel eines Hebers angestaut hat (wozu etwa

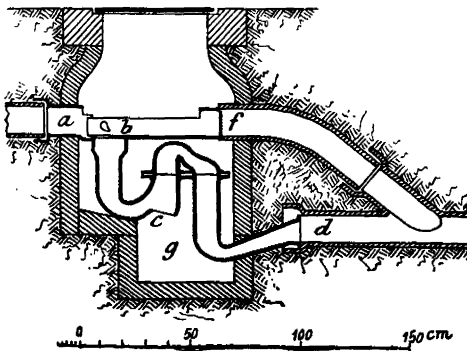


Fig. 72. Spülapparat nach Rothe.

140 l Wasser erforderlich sind), tritt der Heber in Wirksamkeit, infolge wovon sich die Wassermenge plötzlich in das Ablaufrohr *d* entleert. Um durch die Einrichtung nicht Gefälle preiszugeben, werden die Abfuhrleitungen aus Kellern an das Rohr *d* oder auch das Straßenrohr direkt angeschlossen und für den Spülzweck nur die Abfuhrleitungen aus den höher liegenden Geschossen benutzt. — Wenn die abgeleiteten Wasser viele Sinkstoffe, besonders aber grobe führen, setzen sich die Schlitzte leicht zu; daher muß der Apparat beständig unter Aufsicht gehalten werden.

10. Beispiel einer größeren Hausentwässerungs-Anlage.

Fig. 73 giebt die Abbildung der typischen Wasser-Zu- und -Ableitung, wie sie in Hamburg und ähnlich auch anderweit angeordnet wird. Die Hausanschlüsse gehen von Nebenleitungen der Wasserrohre, nicht

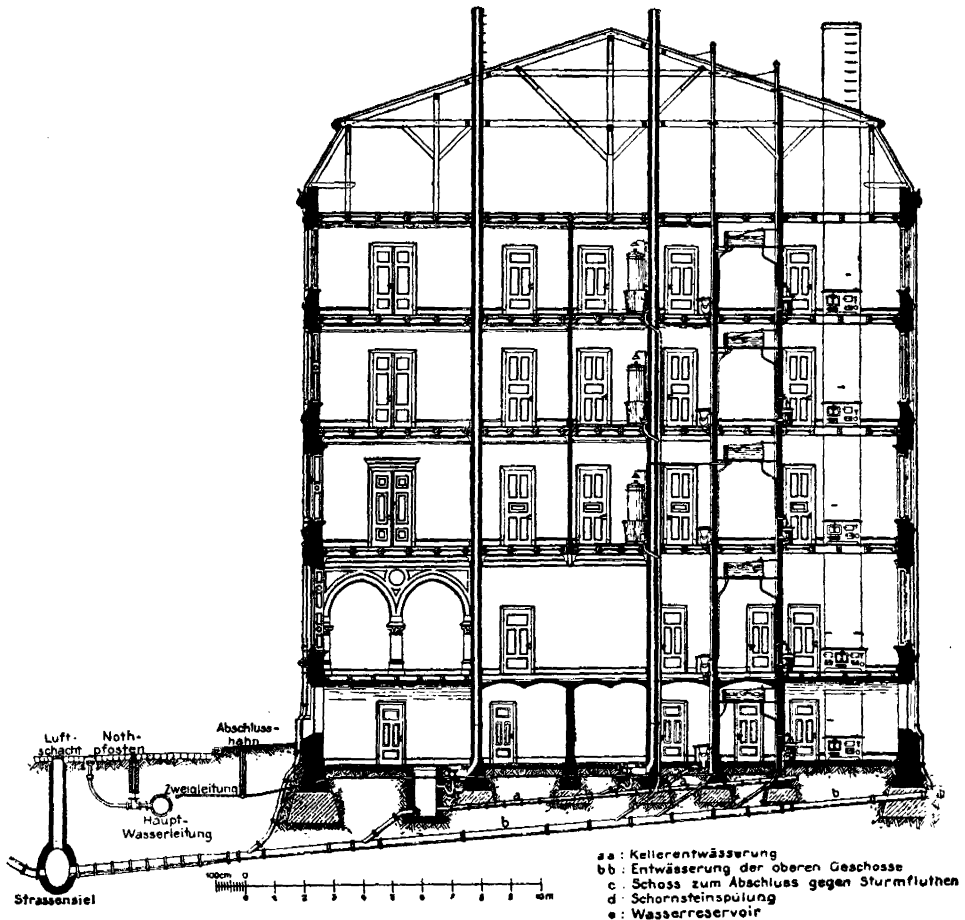


Fig. 73.

von den Hauptrohren selbst aus. Jedes Geschoß erhält ein besonderes Wasserreservoir, das eventuell mehrmals am Tage gefüllt wird. Jeder Einlauf für Abwasser muß einen Wasserschluß erhalten; unterbrechende Wasserschlüsse werden aber nicht geduldet; das Abfallrohr von Klosetts muß bis über Dach verlängert werden. — Bei dem sehr reichlichen Wasserverbrauch, der in Hamburg stattfindet, halten sich alle Rohre gut rein. Für die Kellerentwässerung wird bei tiefer Lage (zum Schutz gegen Rückstau) das besondere Rohr *aa* der Figur gelegt, worüber Näheres unter 3, S. 258 mitgeteilt ist.

Eine Eigentümlichkeit dieser Anlage bildet die Einrichtung, sich auch des Rußes aus Schornsteinrohren durch Abschwemmen zu entledigen. Zu diesem Zweck liegt am Fuße der Schornsteine eine kleine Sammelgrube, welche, unter Einschaltung eines Wasserschlusses, mit dem Abflußrohr verbunden ist.

11. Mitwirkung der öffentlichen Verwaltung (Polizei und Gemeinde) bei Anlage von Hausentwässerungen.

Für das Eingreifen der Gesundheitspolizei in diesen Gegenstand liegt eine ganze Reihe von Gründen vor, worunter insbesondere die Gefahren der Verunreinigung von Luft, Boden und Wasser, von Kellerüberschwemmungen bei heftigen Regenfällen oder Hochwasserständen, gesundheitliche Gefahren bei Betriebsstörungen der Ableitung, bei ungünstiger Verbindung von Reinwasser- und Schmutzwasserleitungen zu erwähnen sind. Ferner kommen die Nachteile und Gefahren in Betracht, welche den Kanälen aus der Einleitung von Fabrikwassern drohen, weiter die Anforderungen mit Bezug auf Schutz der Kanalisationsanlagen in allen ihren Teilen vor Beschädigungen, auf Sicherstellung des öffentlichen Eigentums, wie desgleichen die Wahrung der Verkehrssicherheit bei der Ausführung und dem Betriebe.

Der Gegenstand gewährt danach einigen Raum für allgemeine landespolizeiliche Regelung; doch bleibt derselbe meist (in Preußen fast ganz) der Regelung durch die Ortspolizeibehörden zugewiesen. Es werden deshalb in den betr. Polizeivorschriften auch zuweilen sachlich nicht begründete Verschiedenheiten wahrgenommen, woraus oft genug nur Uebelstände hervorgehen. Abgesehen von solchen, die in unrichtigen oder mangelhaften Vorschriften unmittelbar ihre Ursache haben, tritt bei erheblichen Verschiedenheiten der Mißstand ein, daß das Publikum die Innehaltung der Vorschriften nicht ernst nimmt, sondern sich heimlich und offen Abweichungen und Unterlassungen erlaubt, die um so zahlreicher sind, als es den Behörden vielfach an den zur strengen Ueberwachung der Vorschriften geeigneten sachverständigen Kräften fehlt. Es spielt aber auch die allgemeine Abneigung der Polizei, in diesen Dingen nach diskretionärem Ermessen einzugreifen, eine gewisse Rolle. — Thatsache ist, daß in England — und anscheinend auch in Amerika — die Polizeivorschriften über house drainage im allgemeinen sorgfältiger bearbeitet und auch strenger eingehalten werden, als dies in Deutschland der Fall ist; auch machen die Polizeibehörden Englands und Amerikas von ihren diskretionären Befugnissen in größerem Umfange Gebrauch, als dies in Deutschland bisher der Fall zu sein scheint.

Unter solchen Umständen können unter den Augen der Polizei Entwässerungsanlagen entstehen, welche ihren Zweck nur mangelhaft oder gar schlecht erfüllen, während andererseits die Polizei auch

zuweilen in unnötiger und unsachverständiger Weise von ihren Rechten Gebrauch macht. Es würde daher eine mehr einheitliche und sorgfältigere Ordnung dieser Materie, als bisher besteht, nur allerseits erwünscht sein.

1. Voraussetzung für die polizeiliche Gestattung einer häuslichen Entwässerungsanlage muß immer das Bestehen einer Wasserleitung (öffentliche, nach Befinden auch private) sein.

2. Zum Schutz des Straßenkanals sollte vor dem Bau desselben für jedes anzuschließende Grundstück ein genauer Entwässerungsplan vorgelegt werden, um Zahl und Lage der Anschlußstellen schon beim Bau des Kanals berücksichtigen zu können.

3. Jedes Grundstück muß seinen besonderen Anschluß erhalten; die gemeinsame Entwässerung mehrerer Grundstücke ist unzulässig; die Anlage mehrerer Anschlüsse für ein und dasselbe Grundstück kann zugelassen werden.

4. Es ist, getrennt nach Straßen und Straßenteilen, die zulässige tiefste Lage von Ausgüssen in den anschließenden Gebäuden festzusetzen.

5. Die Herstellung der Anlage, soweit dieselbe im Straßengrunde liegt, wird am besten auf Kosten der Eigentümer durch die Gemeinde bewirkt, teils um Sicherheit für die Güte der Ausführung zu haben, teils im Interesse der Verkehrssicherheit.

6. Der für jede Anlage erforderliche Plan (Situation im Maßstabe $1/200$ oder $1/100$, nebst Durchschnitten in $1/100$) bedarf polizeilicher Prüfung und Genehmigung. Zu etwaigen späteren Abänderungen muß von neuem polizeiliche Erlaubnis eingeholt werden. Der Plan muß insbesondere nachweisen: Lage und Beschaffenheit: a) der Sicherungseinrichtungen gegen Wasserschäden durch Rückstau, b) Lage der Hofeinfälle und Anschlüsse von Regenrohren, c) etwaiger Revisionseinrichtungen (Schächte, Lampenlöcher u. s. w.), d) des Anschlusses von Zweigleitungen an Hauptleitungen, e) Rohrgefälle, Rohrweiten, Rohrmaterial, Beschaffenheit desselben, Rohrverbindungen und Tiefenlage der Rohrleitungen im Grunde.

7. Vorschriften über Einschalten von Fetttöpfen in Ableitungen von größeren Wasch- und Kochküchen, desgleichen über besondere Vorrichtungen zur Aufnahme von Kondensations- und Fabrikwassern sind in jedem Einzelfall besonders zu treffen. Vorschriften über Lüftungseinrichtungen müssen allgemeiner Natur sein; solche über besondere Spüleinrichtungen werden gewöhnlich nur Einzelfälle betreffen, allgemein ist aber zu fordern, daß über jedem Ausguß sich ein Zapfhahn befinde. Endlich sind zu erlassen:

8. Vorschriften über die Höhe und Weite von Wasserschlüssen, über Schutzmittel gegen Einführung gröberer Gegenstände, über die Verbindung von Ueberlaufrohren der Wasserreservoirs mit den Fallrohren und ein Verbot unmittelbarer Verbindungen zwischen Rohren für Zuleitung von Reinwasser und solchen für Ableitung von Schmutzwasser.

9. Die Anlage darf nicht vor polizeilicher Prüfung und Ausstellung eines sogenannten Gebrauchsabnahme-Attestes in Benutzung genommen werden.

Die polizeiliche Prüfung und danach die Erklärung der Gebrauchsfähigkeit beschränkt sich bisher vielfach auf die sogen. Außenleitungen und läßt die im Innern des Hauses ausgeführten Leitungen unbeachtet. Die Prüfung der Außenleitungen ist oft genug auch nur

eine äußere Besichtigung und ein flüchtiger Vergleich der Ausführung mit dem Plan. Eine derartige Ausübung der polizeilichen Kontrolle muß ungenügend erscheinen, sowohl in Hinblick auf die Bedeutung der Aufgabe, als im Vergleich zu der Sorgfalt polizeilicher Ueberwachung, die hier und da z. B. den Gas- und Wasserleitungsanlagen eines Hauses — fast ohne rechten Grund — zugewendet wird. Schäden oder Mängel an Leitungen der letztgedachten Art pflegen rasch offenbar zu werden und im bloßen Vermögensinteresse des Eigentümers auch sofort Abhilfe zu finden. Mängel und selbst Schäden an den Entwässerungsleitungen läßt man oft ruhig weiter fortbestehen, nur, weil die Abhilfe Geldkosten verursacht und dies, ohne daß sich ein in Geld zu berechnender Nutzen durch dieselbe herausstellt.

Die Prüfung von Entwässerungsrohren auf Wasserdichtheit erfordert besondere Vorsicht, kann daher nur von Sachverständigen und darf auch nur in besonders wichtigen Fällen ausgeführt werden, weil die Leitungen dabei leicht Schaden nehmen.

Zur Prüfung auf Luftdichtheit kann man sich der Probe mit Pfefferminzöl bedienen.

Dieselbe besteht darin, in den am höchsten liegenden Ausguß einer Leitung einige Tropfen Pfefferminzöl zu schütten und dann mit frischem Wasser nachzuspülen. Jede Undichtheit der Leitung verrät sich durch den austretenden, durchdringenden Geruch; es kann aber einige Schwierigkeiten haben, die genaue Lage der undichten Stelle zu ermitteln.

In besonderen Fällen — bei günstig liegenden Rohreingängen — wird die mit stark qualmendem, brennendem Papier oder Hobelspänen vorzunehmende Rauchprobe vielleicht bequemer zum Ziel führen.

Um die Raucheinführung zu erleichtern und einen gewissen Luftdruck im Rohr hervorzubringen, kann man sich eines Handblasebals bedienen; besser ist aber ein in einem kleinen fahrbarem Dampfentwickler erzeugter, mittels Schlauchs in das Rohr eingeführter und drückend oder als Injektor für den Rauch wirkender Dampfstrahl. Ist das betr. Rohr mit Rauch angefüllt, so muß die obere Endigung desselben geschlossen werden.

Außer der polizeilichen Revision nach der ersten Anlage und Wiederholungen derselben, wenn später wesentliche Aenderungen oder Reparaturen vorkommen, wird schon wegen der Unmöglichkeit, eine wirksame polizeiliche Kontrolle über den Betrieb einer Hausentwässerungsanlage ständig zu üben, eine laufende polizeiliche Thätigkeit unterbleiben müssen, unbeschadet freilich des Rechtes der Polizei, aus besonderem Anlaß eine Revision auszuführen und die Funktionsfähigkeit der ganzen Leitung in jedem Augenblick festzustellen. Dasselbe Recht muß notwendig auch dem Eigentümer der öffentlichen Entwässerungsanlage, der Gemeinde, zustehen, schon weil sie ohne dasselbe zu befürchten hätte, für Betriebsstörungen und Schäden der häuslichen (privaten) Anlage beansprucht zu werden.

Als klare Trennungsstelle zwischen demjenigen Teil der Anlage, wofür die Gemeinde, und demjenigen, wofür der Eigentümer aufzukommen hat, ist unter XVI. der Ort der Rückstauklappe bezeichnet worden. Wo keine Rückstauklappe vorkommt, wird man eine andere, möglichst nahe der

Straßengrenze liegende Stelle der Leitung mit einem Eingang versehen und hier einen Kasten oder Schacht anordnen, der in Berlin die Bezeichnung „Inspektionsgrube“ führt.

Die Eigentümer müssen gehalten sein, das zur polizeilichen oder gemeindlichen Prüfung einer Leitung erforderliche Wasser ohne Anspruch auf Entgelt herzugeben.

Eine Frage, die je nach den Besonderheiten des Falles zu entscheiden ist, ist die, ob, wenn Kanalisation eingerichtet ist, die Einwohner der Stadt durch Ortsstatut oder Polizeiverordnung zum Anschluß ihrer Grundstücke angehalten werden sollen oder nicht? Hierzu folgendes:

In der Regel wird das eigene Interesse genügend sein, die Eigentümer zum Anschluß zu veranlassen; besonders gilt dies dann, wenn der Anschluß nicht die Verpflichtung zur Entrichtung einer hohen, laufenden Abgabe nach sich zieht. Immerhin verbleibt die Möglichkeit, daß einzelne Eigentümer, sei es der Kosten wegen, sei es aus bloßer Widerspenstigkeit, sich ablehnend verhalten. Wo mit dieser Möglichkeit auch nur mit Bezug auf einen geringen Bruchteil der Bevölkerung zu rechnen ist, muß Zwang angewendet werden, weil die gesundheitlichen Schäden, die aus der Ablehnung entstehen können, nicht auf den betreffenden Eigentümer beschränkt bleiben, sondern vielleicht auch Andere treffen. Es empfiehlt sich dann, die Ingebrauchnahme von Neubauten und größeren Um- sowie Ergänzungsbauten von dem zuverigen Anschluß an die Kanalisationsanlage abhängig zu machen, und für alle bestehenden Gebäude eine Frist bis zu 3 (höchstens 5) Jahren für den Anschluß festzusetzen. Dabei können für einzelne, in besonders ungünstiger Lage befindliche Grundstücke — besonders kleine Einzelhäuser — Ausnahmen gerechtfertigt sein.

Baumeister, *Normale Bauordnung*, 1880.

v. Gruber, *Anhaltspunkte f. d. Verfassung neuer Bauordnungen*, 1893.

Bargum, *Baupolizeigesetz der Stadt Hamburg*, 1892.

Jäschke, *Die preussischen Polizeigesetze*.

Statut XXXI betr. die Baupolizeiordnung für die Stadtgemeinde Oldenburg, 1890.

Regulations of the Town Council of Aberdeen, regarding plans of new buildings and the mode of executing the drainage and ventilation of houses, 1893.

Lent, *Köln. Festschr. f. d. Mitglieder und Teilnehmer der 61. Vers. deutscher Naturf. u. Aerzte*, 1888.

Hobrecht, *Die Kanalisation von Berlin*, 1884.

Brix, *Die Kanalisation von Wiesbaden*, 1887.

Gerhard, *Anlage von Hausentwässerungen*, 1880.

Gerhard, *House drainage and sanitary plumbing*, Providence 1882.

Gerhard, *Drainage and sewerage of dwellings*, New York 1884.

Gerhard, *Sanitary drainage of tenement houses*, Hartford 1884.

Gerhard, *The disposal of household wastes*, New York 1891.

Gerhard, *Die Hauskanalisation in der Deutsch. bautechn. Taschenbibliothek*, 1885.

Linse, *Ueber Hauskanalisation, mit besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Aachen*, Aachen 1881.

Die Hausentwässerung unter besonderer Berücksichtigung der für die Stadt Köln gültigen Verordnungen, herausgeg. vom Archit. - u. Ingen.-Ver. f. Niederrhein u. Westphalen, Köln 1887.

Vogel, *Die Anlage der Hausentwässerungen in Hannover, Linden*, 1893.

Koch, *Die Be- und Entwässerungsanlagen der Grundstücke von Berlin*, Berlin 1878.

Knauff, *Entwurf zu einem Normalstatut für Hausentwässerungen*; „Der Rohrleger“, 1880.

Knauff, *Die Hauskanalisation in ihrer praktischen Ausführung mit Hinblick auf die für Berlin geltenden maßgebenden Bestimmungen u. s. w.*, Berlin 1879.

Knauff, *Entwässerung und Reinig. d. Gebäude im Handb. d. Archit.* (1891) 8. Teil 5. Bd.

- Janke, *Die Schwemmkanalisation und die Anschlüsse der Grundstücke an dieselbe*, Berlin 1879.
- Assmann, *Die Be- und Entwässerung von Grundstücken*, 1893.
- Waring, *The sanitary drainage of houses and towns*, Boston 1889.
- P. Teale, *Lebensgefahr im eigenen Hause*; aus dem Englischen übersetzt von I. K. H. der Prinzess Christian v. Schlesw.-Holst., bearb. v. Wansleben, 1886.
- Lüftung der Hausleitungen in *The Builder* (1876); daselbst über Hausentwässerung, (1880); Beiträge von Rogers Field u. Corfield; desgl. daselbst über Mängel von Hausentwässerungen und ihre Folgen, 1876 u. 1879; über denselben Gegenstand in *The Engineer* (1879 u. 1880).
- v. d. Hude u. Hennicke, *Entwässerung des Centralhotels in Berlin in der Zeitschr. f. Bauw.* (1881).
- Peters, *Die Kanalisationsanlagen des Central-Viehmarktes und -Schlachthofes zu Berlin im Wochenbl. f. Arch. u. Ingen.* (1881 u. 1882).
- Benk, *Die Kanalgase, deren hygien. Bedeut. u. techn. Behdlg.*, 1889.
- E. Putseys, *L'hygiène dans les constructions des habitations privées*, Paris et Liège.
- Bayley-Denton, *Handbook of house sanitation*, London 1882.
- Stevens-Hellyer, *Traité pratique de la salubrité des maisons*, traduit de l'anglais par Poupart aîné, Paris 1889.
- Barde, *Salubrité des habitations et hygiène des villes*, Genf 1891.
- Clarke, *Plumbing practice*, London 1891.

XVII. Unterhaltung und Betrieb von Kanalisationen.

1. Unterhaltung.

Soll eine Kanalisation ihren Zweck vollkommen erfüllen, so muß der Bauzustand der Kanäle und aller Nebenbestandteile der Anlage fortdauernd ein tadelloser sein. Da unter der vereinigten, bez. abwechselnden Wirkung von Feuchtigkeit, Sauerstoff, Kohlensäure, Ammoniak und noch anderer Gase die Baustoffe der Kanäle stark angegriffen werden, ist eine sorgfältige Ueberwachung derselben und Beseitigung jedes kleinen Mangels, bevor derselbe einen größeren Umfang erreicht, durchaus notwendig. Es sind daher z. B. die Schäden an einzelnen Steinen, an dem Mörtelverstrich der Fugen, oder am Mörtelputz des Mauerwerks immer sogleich nach dem Bekanntwerden auszubessern, und ebenso ist der Anstrich der verschiedenen Eisenteile der häufigen Erneuerung zu unterwerfen.

Das Zerbrechen von Röhren, das Undichtwerden von Stößen derselben, das Hineinwachsen von Baumwurzeln in die Leitungen u. s. w. sind Vorkommnisse, welche bei einiger Aufmerksamkeit auf die Anlage bald bemerkt zu werden pflegen, da sie sich in Verzögerung des Abflusses rasch kundgeben. Die zur Abhilfe solcher Schäden sowie anderweitig eingetretener baulicher Mängel können jedoch nicht Gegenstand allgemeiner Betrachtungen sein. Es ist jedoch darauf aufmerksam zu machen, daß Veränderungen der Bodenoberfläche die über oder in der Nähe von Entwässerungsleitungen sich ereignen, Anzeichen für Bodenbewegungen sind, die ihren Ursprung gewöhnlich von mangelhafter Ausführung oder von nachträglich eingetretenen Schäden an den Leitungen nehmen. Da sie im ersten Falle auch die Ursachen von Beschädigungen sein können, ist auf solche Ereignisse immer mit besonderer Sorgfalt Acht zu geben.

2. Betrieb.

Der Betrieb eines Kanalnetzes umfaßt alle Leistungen, welche zur Funktionierung aller Teile der Anlage notwendig sind; die wichtigste

Leistung ist die Reinhaltung der Wände der Leitungen. Der Fall, daß die Kanalwände sich ohne fremdes Zuthun allein, als Wirkung des Abflusses der Schmutzwasser — des „eigenen Wassers“ — rein erhalten, wird wohl nur sehr selten vorkommen. In der Regel wird fremdes Spülwasser zu Hilfe genommen werden müssen, weil, wenn auch nicht überall, so doch an einzelnen Stellen der Leitungen, z. B. da, wo stärkere Gefälle in schwächere übergehen, Ablagerungen auf der Kanalsole stattfinden, bzw. Schmutz an den Wänden kleben bleibt.

In welchem Umfange und in welchen Zeitabständen Spülungen notwendig sind, kann aber nicht allgemein gesagt werden, da dies sowohl von der Beschaffenheit der Leitungen, als der durchfließenden Abwasser, als von der Häufigkeit und Menge der Regenfälle abhängt. Bei guter Beschaffenheit der Leitungen, reichlicher Regenmenge und einigermaßen gleichförmiger Verteilung desselben auf die Jahresdauer kann Spülung vielleicht während langer Perioden entbehrlich, unter umgekehrten Verhältnissen auch sehr oft notwendig sein. Darnach ist allgemeinen Angaben, wie z. B. solchen, daß für 1 km Kanallänge 1000 bis 2000 cbm Spülwasser oder i. M. 1500 cbm notwendig seien, keine große Bedeutung beizulegen. Wie es Fälle geben kann, wo 100 cbm und selbst noch weniger genügen, kann es auch solche geben, daß 2000 cbm noch unzureichend sind, um einen guten Reinheitszustand der Kanäle zu erhalten. In Berlin (wo etwa 1600 cbm Leitungswasser pro 1 km Kanallänge und Jahr gebraucht werden) finden Spülungen jedes Teils der Leitung in Zeitabständen von etwa 12 Tagen statt; es werden dabei die Einsteigeschächte mittels Schlauch aus der Wasserleitung gefüllt, und wenn der Schacht gefüllt, die Verstöpselungen des nach abwärts führenden Teils der Leitung rasch herausgezogen.

Wesentlich bestimmend für das Erfordernis an Spülwasser ist außer dem, was schon oben mitgeteilt wurde, ist die Leistungsfähigkeit der Vorrichtungen zum Auffangen von Sinkstoffen und die Häufigkeit, wie die Art und Weise der Heraus-schaffung von angesammelten Mengen der Sinkstoffe. (Ueber die speziellen Einrichtungen zur Spülung vergl. unter XIII und XVI.)

Bei sehr großen Kanälen, in denen der Wasserstand stark wechselt, ist außer Spülung zeitweilig auch Waschung mit Bürsten der nicht vom Wasser regelmäßig bedeckten Teile der Kanalwände dann notwendig, wenn ein besonders hoher Grad von Sauberkeit gefordert wird.

Das Entfernen von Ablagerungen aus den Kanälen ist verschieden auszuführen, je nachdem es sich um besteigbare oder enge Leitungen handelt.

In Berlin werden die besteigbaren Kanäle in Zwischenräumen von etwa 20 Tagen gereinigt, die nicht besteigbaren (Rohr)-Kanäle, je nach ihren Besonderheiten, in Zeitabständen, welche teils kürzer, meist aber länger als 20 Tage sind. Das Verfahren ist wie folgt geordnet:

Von 5 Personen, wovon 4 Arbeiter und der eine Aufseher ist, steigen 2 nebst dem Aufseher in die Leitung hinab; der 3. Arbeiter bleibt an der Oberfläche, um, dem Zuge der Leitung folgend, vor der Kolonne, die sich in der Leitung stromab bewegt, die Deckel der Einsteigeschächte und Lampenlöcher zu öffnen. Der 5. geht zum Sandfang an der Pumpstation, um hier das Gitter von den zutreibenden Papier- und anderen groben Resten beständig frei zu halten. In der Leitung nimmt der Aufseher die Führung und rührt mit seinen Stiefeln die Ablagerungen auf; der ihm folgende Arbeiter schiebt mittels einer hölzernen Schaufel die-

selben vorwärts, während der hinterste Arbeiter mit Besen die Sohle rein fegt.

Wo Sandablagerungen von einiger Bedeutung in den besteigbaren Kanälen stattfinden, wird dieser so entfernt, daß 7 Arbeiter zusammen-treten, von denen einer den Sand (wenn die Schicht bis etwa zu 15 cm Höhe angewachsen ist) in bereitstehende Eimer von etwa 25 l Fassung schaufelt. Je 2 Arbeiter tragen den auf eine Stange gehängten Eimer zu den beiden nächsten Einsteigeschächten, an deren jedem 1 Arbeiter zum Hochheben der Eimer und Ausschütten derselben angestellt ist. Diese Arbeit wird während der Nachtzeit ausgeführt.

Mit den regelmäßigen Spülungen wird eine Reinigung der Einsteigeschächte in der Weise verbunden, daß während des Wasserdurchlaufes ein Arbeiter die auf der Schachtsohle abgelagerten Sinkstoffe aufwühlt und dieselben so zum Forttreiben bringt; desgleichen werden bei dieser Gelegenheit auch die unter den Schachtdeckeln in Trichtern aufgefangenen Schmutzteile entfernt.

Was die Reinigung von unbesteigbaren Rohrkanälen betrifft, so wird diese in Berlin wie folgt ausgeführt: An einer eingöhlten dünnen Schnur läßt man einen leichten Schwimmer (Kork) durch das betreffende Leitungstück treiben, indem man mittels eines Schlauches reines Wasser aus der Wasserleitung zuführt. Am oberen Ende der Schnur wird ein Tau befestigt, an dessen unteres Ende eine cylinderförmige Bürste (aus Piassava-Borsten) eingeknotet ist; das untere Tau wird mittels der dünnen Schnur durch die Leitung gezogen. Indem auch an das zweite Ende der Bürste ein Tau geknotet ist, kann die Bürste in beiden Richtungen durch das betr. Leitungstück geführt werden. Man beginnt, damit die Bürste nicht stecken bleibe, mit einem kleinen Durchmesser derselben und führt erst später die dem Rohrdurchmesser genauer entsprechende Cylinderbürste in die Leitung ein. Die Fortführung des von der Bürste erfaßten Schmutzes geschieht durch eingelassenes Spülwasser.

Neuerdings findet in Berlin die Reinigung von Rohrkanälen auch mittels des S. 229 beschriebenen Schildes statt, welcher mit Kugeln versehen ist, die demselben nicht nur zur Führung dienen, sondern auch den Zweck haben, stattgefundene Ablagerungen aufzuwühlen oder zu lockern.

Verstopfungen von Rohrkanälen lassen sich zuweilen durch Einführung eines eisernen Gestänges, das aus kurzen Längenteilen zusammengeschraubt wird, beseitigen; das Ende des Gestänges wird mit einem Schneidewerkzeug oder Widerhaken ausgestattet.

Die Räumungsarbeiten der Gullies bieten keine Besonderheiten; nur ist zu bemerken, das schon, um neue Verstopfungen zu verhüten, die Hofgullies einer sehr häufigen Reinigung bedürfen.

Von Wichtigkeit ist noch die Entferungsweise und der schließliche Verbleib der aus den Kanälen entfernten Sinkstoffmengen u. s. w. Da die Massen regelmäßig mit Fäulnisstoffen stark beladen sind, auch Infektionskeime enthalten können, muß der Transport in gut verschlossenen Gefäßen erfolgen, welche zur Zeit von Epidemien häufig zu desinfizieren sind. Die Abladestelle ist mit besonderer Sorgfalt auszuwählen und zu überwachen. Am besten würde die Verbrennung der Stoffe sein, welcher Beseitigungsmodus für Papier- und Zeugreste, die aus den Kanälen u. s. w. entfernt sind, eine ganz besondere Empfehlung verdient. Vgl. hierüber dieses Handbuch Bd. II, Abt. II in E. Richter: Straßenhygiene.

3. Schutz der im Kanalisationsbetriebe beschäftigten Arbeiter.

Die gesundheitlichen Gefahren für die in Kanälen beschäftigten Arbeiter werden leicht überschätzt; es sind auch oft Kanalgase für Unglücksfälle verantwortlich gemacht worden, an welchen jene unbeteiligt waren; es kann hierzu auf S. 230 verwiesen werden.

Kohlensäure und Ammoniak werden in rationell angelegten und betriebenen Kanälen wohl nicht leicht in solchen Mengen vorkommen, daß daraus besondere Gefahren für die Kanalarbeiter sich ergäben; beinahe harmlos sind auch wohl Kohlenwasserstoffgase, wenn dieselben nicht etwa geeignet wären, beim Umgehen mit Licht in den Kanälen Explosionsgefahren herbeizuführen. Bleibt also der Schwefelwasserstoff, der freilich schon in sehr geringen Anteilen gefährlich sein kann.

Lehmann*) glaubt, daß der Anteil von 0,7–0,8 ‰ SH_2 in der Luft bei einem Aufenthalt von mehreren Stunden lebensgefährlich sei, 1,0–1,2 ‰ tödlichen Ausgang herbeiführe, und daß das Einatmen geringer Mengen auch chronische Krankheitszustände bewirken könne. Wenn nun Gaultier de Chaubry in einem Falle in einem Kanale die Zusammensetzung der Luft wie folgt gefunden hat:

O	= 13,79 p. Ct.
N	= 81,21 „ „
CO_2	= 2,01 „ „
SH_2	= 2,99 „ „

so könnte daraus vielleicht eine sehr hohe Gefährlichkeit von Kanalluft für die Arbeiter gefolgert werden. Doch ist wohl anzunehmen, daß es sich hier um einen ganz vereinzelter Fall handelte, der nur auf sehr arge Nachlässigkeiten in der Kanalanlage oder im Betriebe derselben schließen läßt. Denn die Erfahrung zeigt, daß in gut angelegten und gelüfteten Kanälen die Arbeiter weder plötzlich eintretenden noch schleichenden Gefahren in wahrnehmbarem Umfange ausgesetzt sind. Man bemerkt nur, daß dieselben bei monatelanger Thätigkeit etwas schlaff werden, eine Thatsache, die aber wenigstens zum Teil durch die lange Entbehrung des Sonnenlichtes, sowie durch den Aufenthalt in mit Feuchtigkeit gesättigter Luft erklärt werden kann. Es genügt jedenfalls, daß von Zeit zu Zeit eine Auswechslung (1–2 mal im Jahre) stattfindet, ein Vorgang, welcher selbst bei den Kanalisationsanlagen geringen Umfangs leicht verwirklichungsfähig ist, weil es sich auch hier um die dauernde Beschäftigung mehrerer Arbeiter handelt.

Der Gesundheit der Kanalarbeiter kommt es jedenfalls zu gute, daß ihnen die Kleidung von der Verwaltung geliefert wird, weil nur dadurch Sicherheit für dauernde und gute Instandhaltung und Zweckmäßigkeit zu schaffen ist.

Eine Vorsichtsmaßregel, welche die Kanalarbeiter immer zu beobachten haben, besteht darin, daß zwischen dem Öffnen eines Zuganges und dem Eintreten der Arbeiter in die Tiefe immer erst ein gewisser Zeitraum verfließen muß; auch empfiehlt es sich sehr, nicht nur einen Eingang, sondern auch den benachbart liegenden gleichzeitig zu öffnen. Ist ein Eingang während längerer Dauer nicht geöffnet worden, so wird zweckmäßig durch gewaltsame Bewegung der Luft in der Tiefe, etwa

*) Viertelj. f. gerichtl. Med., 3. Folge, 5. Bd., 2. Heft, 1893.

durch Einführung eines Wasserschlauches oder durch Entzünden von etwas Flackerfeuer u. s. w. für Luftwechsel gesorgt, bevor die Arbeiter den Schacht betreten.

XVIII. Summarische Angaben über Kosten.

1. Kosten der Straßenkanäle.

Da die Anlagekosten von Städtekanalisationen direkt von der Straßenlänge abhängen, so werden Städte mit einem dichten Netz schmaler Straßen die größten Anlagekosten haben. Haben die Straßen eine etwas größere Breite, so beeinflusst diese die Kosten der Kanalisation in doppelter Weise: a) weil die Menge der aufzunehmenden Regenwasser wächst, und b) weil vielleicht anstatt eines zwei Kanäle in jeder Straße, oder doch in einer Anzahl derselben gelegt werden müssen. Es können daher in Orten mit breiten Straßen, also weitläufiger Bebauung, die auf 1 ha Gebietsgröße entfallenden Kosten ebenso groß sein als in Orten mit engen Straßen und dichter Lage derselben. Besonderen Einfluß auf die Baukosten üben dann noch in wechselndem Maße folgende Faktoren: Die Tiefenlage der Kanäle und insbesondere des Grundwasserstandes, die Bodenbeschaffenheit (ob leicht oder schwer zu bearbeiten), die Regenwassermengen, welche aufgenommen werden; das Vorkommen offener Gewässer, welche die Anlage von Regenüberfällen begünstigen, aber auch durch viele erforderlichen Kreuzungen den Bau verteuern können; endlich die Größe des Stadtgebiets und dessen orographische Beschaffenheit, letztere insofern, als in einem großen, flach liegenden Gelände die Länge der zur Besteigbarkeit einzurichtenden Kanäle vergleichsweise groß werden kann, während diese Länge bei kleinem Gebiet mit ausgesprochenem Gefälle nur gering zu sein braucht. Endlich können die Baukosten von der Beschaffenheit des „zur Hand“ befindlichen Baumaterials sowie von der Verkehrsgröße in den Straßen beeinflusst werden, von letzterer insofern, als man bloß aus Rücksicht auf Vermeidung von Verkehrsstörungen gezwungen sein kann, anstatt eines, zwei Kanäle in einer Straße anzuordnen.

Den Fall, daß grundsätzlich von der Anlage unbesteigbarer Kanäle abgesehen wird und nur Kanäle großen Kalibers zugelassen werden, ganz außer Betracht lassend und ebenso den anderen, daß hier und da alte Kanäle in das neue Netz einbezogen werden, ersieht sich aus dem Vorstehenden, daß allen summarischen Kostenangaben, bezogen sowohl auf die Flächengröße des Entwässerungsgebiets als auf die Länge der Kanäle, große Unbestimmtheiten anhaften müssen, und dieselben nur als ganz allgemeine Anhaltspunkte gebrauchsfähig sind.

Noch größere Unbestimmtheiten aber stellen sich ein, wenn die Kostenangabe auf den Kopf der Bevölkerung bezogen wird. Hierbei kommt zunächst die Bevölkerungsdichte in Betracht, welche in sehr weiten Grenzen schwankt. Bei der Bebauung mit Einzelwohnhäusern kann die auf 1 m Straßenlänge (oder 1 bzw. 2 m Kanalänge) entfallende Kopfzahl der Bevölkerung auf 1 herabgehen, während sie bei Bebauung mit großen Miethäusern, die sich tief in die Grundstücke hinein erstrecken, vielleicht bis auf 10 steigen kann. Entsprechend könnten die auf den Kopf der Bevölkerung

treffenden Kosten zwischen 10 und 1 wechseln, wenn für diese Kosten die von den Kanälen abzuführenden Wassermengen pro Kopf überall annähernd dieselben wären, was — nach III — jedoch längst nicht der Fall ist. In Wirklichkeit müssen aus diesem und einer Reihe anderer Gründe die auf den Kopf der Stadtbewohnerschaft entfallenden Kanallängen und Kosten in engeren Grenzen als die Bevölkerungsdichte schwanken; sie scheinen etwa zwischen 1 und 2 zu wechseln.

Der auf den Kopf der Bevölkerung bezogene Einheitssatz ist auch noch insofern mit einer gewissen Unbestimmtheit behaftet, als die Bevölkerungszahl veränderlich ist. Dieselbe kann von dem Zeitpunkt an, wo die Kanalisation angelegt wurde, sehr erheblich zunehmen, ohne daß aber die Anlage einer Erweiterung bedarf; es kann daher auch zwischen dem Minimum und dem Maximum der auf 1 Kopf bezogenen Kosten aus diesem Grunde ein weiter Abstand liegen. Oder mit anderen Worten: die Kosten, auf die zur Zeit der Anlage vorhandene, oder auf eine spätere größere Bevölkerungszahl bezogen, können einen großen Unterschied aufweisen.

In Frankfurt a. M. betragen die Kosten der Kanalisation etwa 65 M., ähnlich in Mainz; in Breslau nur 20 M., alles pro Kopf. Erstere Zahl ist sehr hoch, was sich zum Teil aus der besonders tiefen Lage der Kanäle in den beiden erstgenannten Städten erklärt (vergl. S. 189); die Zahl für Breslau ist gering. Für deutsche Mittelstädte stellen sich die Kosten auf etwa 40–50 M., wie die nachfolgende Tabelle erkennen läßt.

Städte	Kanallänge (m)		Baukosten M.		
	für 1 Kopf	für 1 ar	für 1 Kopf	für 1 m	für 1 ar
Augsburg	0,7	1,80	35	50	90
Berlin	0,5	1,50	40	68	100
Breslau	0,4	1,30	20	50	70
Danzig	0,5	0,80	25	50	40
Frankfurt	0,9	1,60	63	70	110
Hamburg	0,5	0,67	38	75	50
Karlsruhe	0,8	1,60	44	55	90
Linz	0,45	1,10	25	55	60
München	0,75	1,50	50	67	100
Stralsund	0,5	2,10	15	28	60
London	0,85	1,40	68	80	110
Liverpool	0,75	1,90	67	90	170
Paris	0,3	0,90	40	134	120
Mainz	0,3	—	24	68	—

In kleinen Städten können, wenn Thonrohre ausreichend und gemauerte Kanäle gar nicht oder nur in beschränktem Umfange notwendig sind, die Kosten pro Kopf auf 15 M. herabgehen. Der hohe Satz der Kosten pro 1 m Kanal, den die Tabelle für Paris enthält, erklärt sich aus den besonders großen Profilen, welche dort verwendet werden; anderen Auffälligkeiten der Tabelle liegen sonstige Ursachen (z. B. ob Pumpwerke, zahlreiche Dükeranlagen, lange Regenüberfall-Leitungen bestehen und Anderes) zu Grunde.

Bei der Berliner Kanalisation ergeben sich folgende (mit Rücksicht auf die Zunahme der Bevölkerung ermittelten) Zahlen (M. pro Kopf):

Zeitpunkt	Angeschlossene Bevölkerungszahl	K o s t e n				Ueberhaupt pro Kopf
		der Kanäle und Pumpen (unter Zurechnung der Kosten der Druckrohre zu den Rieselfeldern)		der Rieselfelder (Erwerbs- und Ap- tierungskosten)		
		insgesamt	pro Kopf der Bevölkerung	insgesamt	pro Kopf der Bevöl- kerung	
1. April 1887	1 147 000	50 541 526	44.1	21 507 180	18,8	63,1
„ „ 1893	1 552 000	66 744 428	43.0	30 119 256	19,45	62,4

Was die Kosten von einzelnen Bestandteilen von Kanalisationsanlagen betrifft, so mögen darüber folgende kurzen, ebenfalls summarisch gehaltenen Mitteilungen gemacht werden:

Thonröhrenkanäle in den Weiten von 21—63 cm kosteten in Berlin, 1 m:

21 cm 14 M. | 30 cm 18 M. | 40 cm 26 M. | 50 cm 37 M. | 63 cm 60 M.

Diese Preise sind aus örtlichen Gründen hoch; anderweitig haben sich solche zu nur 50—66 Proz. der obigen herausgestellt.

Kreisförmige Betonkanäle sind in den kleinen Weiten etwas billiger als Kanäle aus glasierten Thonrohren; bei den größeren fällt (infolge des höheren Gewichts) der Preisunterschied fort.

Gemauerte, eiförmige Kanäle bei Weiten von 0,9—1,9 m kosteten in Berlin, 1 m:

0,9 | 1,1 | 1,3 | 1,5 | 1,7 | 1,9 } m Weite
60—140 | 80—160 | 100—185 | 120—210 | 135—245 | 145—285 } M.

Die weit auseinander liegenden Grenzen, innerhalb deren diese Zahlen schwanken, erklären sich aus der wechselnden Tiefenlage der Kanäle und den Grundwasserverhältnissen, d. h. aus dem Umstande, ob die Wasserschöpfarbeiten und die Arbeiten zur Abstützung der Baugrubenwände keine oder besonders hohe Kosten erforderten.

Eiförmige Kanäle aus Beton kosteten in Dresden, 1 m:

0,45 | 0,53 | 0,60 | 0,75 | 0,90 | 1,05 | 1,20 | 1,50 } m Weite
19—26 | 22—29 | 25—33 | 33—38 | 40—49 | 49—62 | 58—70 | 72—85 } M.

Einsteigeschächte von 1 m Weite, 1,5 m Tiefe kosten mit der Abdeckung etwa 125 M. Bei 1,5 m Weite und 3 m Tiefe erhöhen sich die Kosten bis auf etwa 225 und selbst 250 M.

Nur wenig niedriger stellen sich die Kosten von gemauerten Straßeneinlässen, während solche aus Beton nur etwa die Hälfte jener Kosten oder etwas mehr verursachen.

Bei der Berliner Kanalisation entfällt:

1 Einsteigeschacht auf 84 m Kanallänge
1 Gully „ 50 „ „

Auf je 370 m Kanallänge entfällt 1 Lampenloch (Mannloch).

Bei fast allen Bestandteilen einer Kanalisation sind die Nebenkosten, wie etwa Erdarbeiten, Wasserschöpfen, Straßenpflaster-Aufbruch und -Wiederherstellung, von sehr hohem Belang und die eigentlichen Materialkosten fast untergeordnet. Beständen nicht schon andere durchschlagende Gründe, so würde es auch dieserwegen rationell

sein, zu Kanalisationszwecken nur Material bester Qualität zu verwenden, entsprechend auch auf die beste Ausführungsweise zu halten.

2. Hausentwässerungskosten.

Die Kosten einer Hausentwässerungsanlage sind ähnlich unbestimmt wie diejenigen der Straßenkanäle. Sie werden in kleinen Einzelhäusern pro Kopf der Bewohnerschaft viel höher sein als in großen Miethäusern. Für erstere können sie sich bis auf 80 M. pro Kopf belaufen, bei großen Miethäusern bis auf 20 M. heruntergehen. Die besonders große Weite der Grenzen erklärt sich hier teilweise mit Rücksicht auf große Wechsel in der Qualität und Ausführungsweise.

Eine etwas nähere Uebereinstimmung besteht nur in Bezug auf die Kosten der Außenleitungen, die man zu 5—15 M. für 1 m annehmen kann.

3. Unterhaltungs- und Betriebskosten von Städte-Kanalisationen.

Zwischen dem, was „Unterhaltung“ und dem, was „Betrieb“ ist, läßt sich bei Stadtkanalisationen eine strenge Grenze nicht ziehen, indem bei derselben Leistungen vorkommen, welche ebensowohl der Unterhaltung als dem Betriebe zugerechnet werden können.

Die Kosten sind sehr von der Kapazität des Kanalnetzes, von der Beschaffenheit sowohl der baulichen Ausführung als den Wassern, die in den Kanälen fließen, von der Sorgfalt, mit welcher Unterhaltung und Betrieb geführt werden, als von noch anderweiten Faktoren, namentlich dem Umfange der Anlage abhängig. Die bisher über diese Seite des Gegenstandes gesammelten Erfahrungen sind noch relativ kurz und auch nur wenige Zahlen hisher der Oeffentlichkeit übergeben worden.

Unter diesem Vorbehalt werden nachstehend nur einige wenige, etwas eingehender gegliederte Zahlen mitgeteilt, die der Oeffentlichkeit in den Verwaltungsberichten des Magistrates von Berlin vorliegen:

Die Zahlen haben sich in dem 3-jährigen Zeitraume 1890—93 als durchschnittlich ergeben. Die Kosten sind für die Kanäle und den Betrieb der Pumpstationen und der Druckrohre in „sächliche“ und „persönliche“ getrennt; zwischen Betriebs- und Unterhaltungskosten aber ist nicht unterschieden. Unter den „sächlichen Kosten“ sind die Ausgaben für bauliche Unterhaltung, Spülgerätschaften und Spülwasser, für Schmiermittel, Farben, Anzüge der Arbeiter u. s. w. verstanden, unter den „persönlichen Kosten“ die Beamtengehälter und Löhne der Arbeiter.

Zahl der angeschlossenen Grundstücke	20 851	
Bewohnerzahl derselben	1 446 057	
Jahres-Wasserförderung durch die Pumpwerke	56 929 582	cbm
„ „ „ „ „ pro Grundstück	2730.3	„
Tägliche „ „ „ „ „ „ „	7.48	„
Jahres- „ „ „ „ „ „ Kopf	39 37	„
Tägliche „ „ „ „ „ „ „	0.108	„
Länge der Kanäle aller Art	745 500	m

Es treffen Kosten (Pfennig) auf:						
	1. 1 Kopf der Bevölkerung.		2. 1 m Kanallänge.		3. 1 cbm von den Pumpen geförderes Wasser.	
	durchschnittl.	Max. u. Min.	durchschnittl.	Max. u. Min.	durchschnittl.	Max. u. Min.
Sächliche Persönliche	a) bei den Kanälen:					
	4,41 11,98		8,82 23,96		0,11 0,30	
	16,39	11,63—27,63	32,78	23,27—55,15	0,41	0,34—0,85
Sächliche Persönliche	b) bei dem Pumpenbetriebe:					
	30,30 12,47		60,60 24,94		0,77 0,33	
	42,77	32,00—56,57	85,54	63,99—99,05	1,10	0,94—1,71
Insgesamt:	59,16	43,63—84,20	118,32	87,26—154,20	1,51	1,29—2,56

Schon die in der Tabelle beigefügten Grenzwerte (welche sich für einzelne Radialsysteme ergeben haben) lassen erkennen, daß die mitgeteilten Durchschnittszahlen zur unmittelbaren Uebertragung auf andere Anlagen nicht geeignet, sondern nur als allgemeine Anhaltspunkte verwendbar sind. Doch sind die Kosten des Pumpenbetriebes in Berlin im allgemeinen hoch, weil die Hubhöhe des Wassers über 20 m beträgt und, bei der Länge der Druckrohrleitungen (von 10 bis 14 km), die zusätzliche Reibungshöhe sich ebenfalls zu 20 m und darüber berechnet.

Aus den S. 288 mitgeteilten Baukosten der Kanäle und Pumpen und den in der Tabelle enthaltenen Unterhaltungs- und Betriebskosten der Kanalisationswerke in Berlin lassen sich leicht die Gesamtkosten ermitteln, welche die Kanalisation der Einwohnerschaft Berlins jährlich verursacht.

Es müssen die Baukosten der Kanäle nicht nur verzinst, sondern auch getilgt werden, weil innerhalb eines gewissen absehbaren Zeitraumes eine vollständige Erneuerung vor sich gehen wird. Hingegen brauchen die Kosten für den Ankauf der Rieselfelder nur verzinst, aber nicht getilgt zu werden, weil deren Wert dauernd erhalten bleibt, wahrscheinlich sogar noch steigt. Nur für den auf die Aptierung der Felder verwendeten Kostenbetrag könnte vielleicht die Einsetzung einer Tilgungsquote notwendig sein. Sieht man, wie es zulässig erscheint, hiervon ab und wird, wie es nach den bisherigen Erfahrungen durchaus gestattet ist, die Voraussetzung gemacht, daß die Kosten des Betriebes der Rieselfelder durch den Ertrag derselben Deckung finden, so stellt sich die Rechnung folgendermaßen:

Verzinsung und Tilgung von 43,0 M. Baukosten der Kanäle und Pumpwerke (berechnet auf das Jahr 1893) zu 3,5 und 0,5 Proz.	1,72	M.
Verzinsung der Ankaufs- und Aptierungskosten der Rieselfelder von 19,45 M. zu 3,5 Proz. wie vor	0,68	„
Hierzu die in der obigen Tabelle berechneten Unterhaltungs- und Betriebskosten der Kanäle und Pumpwerke	0,59	„
Ergibt als Gesamtkosten pro Jahr und Kopf der Bevölkerung	2,99	M.
	rd. 3,00	

Da nach der obigen Tabelle die Kosten des Pumpen-Betriebes pro Jahr und Kopf	0,4277 M.
und, wie oben berechnet, die Verzinsung des in den Rieselfeldern steckenden Kapitals	0,6807 „
betragen, so ergeben sich als Kosten pro Kopf und Jahr, welche die Pumpen-Förderung und Reinigung der Abwasser erfordert	1,108 M.
Hierin ist aber noch nicht die Verzinsung und Tilgung derjenigen Kosten enthalten, welche der Bau der Pumpwerke erfordert hat. Nimmt man diesen Betrag, annähernd richtig, zu 10 M. pro Kopf, also Verzinsung und Tilgung zu 0,40 M an, so ergeben sich als Kosten der Förderung und Reinigung der Abwasser in Berlin pro Kopf und Jahr rund	1,50 „
Und es verbleiben demnach als Unterhaltungs- und Betriebskosten des Kanalnetzes, gleichfalls rund	1,50 „

Was noch ein paar andere Städte betrifft, so wechseln (nach Angaben vom Baumeister) die Jahreskosten (abgesehen von Verzinsung und Tilgung des Baukapitals) des Kanalbetriebes pro Kopf in 9 Städten zwischen 14 und 70 Pf.; die Kosten, von 16,39 Pf., in Berlin bewegen sich daher nahe an der unteren Grenze.

Der Pumpenbetrieb allein erfordert in Breslau 13 Pf. pro Kopf und Jahr, ein geringer Betrag, der sich teils aus der sehr geringen Förderhöhe des Wassers, teilweise auch wohl aus der nur kleinen Wassermenge, welche in Breslau zu fördern ist (vergl. die bezügl. Angaben S. 141 erklärt.

Mittlere Sätze für den Kanalbetrieb scheinen 20—40 Pf. und für den Pumpenbetrieb 30—60 Pf. pro Jahr und Kopf zu sein.

Für Breslau, Danzig und Frankfurt a. M. stellen sich (nach Frühling) die Jahreskosten für Betrieb und Unterhaltung des Kanalnetzes, der Pumpen und der Druckrohre, ferner Verzinsung und Tilgung der Anlagekosten:

	Breslau 1,14 M.	Danzig 1,10 M.	Frankfurt a. M. 2,75 M.
dazu Verzins. u. Tilg. der für die Einricht. der Rieselfelder (bzw. die Kläranlagen) gemachten Ausgaben: „	0,17 „	„ 0,057 „	„ 1,00 „

Die in der zweiten Reihe für Breslau angegebenen Kosten (Verzinsung der für die Rieselfelder gemachten Ankaufs- und Aptomierungskosten, abzüglich der Erträge der Rieselfelder) sind wahrscheinlich etwas zu hoch; doch kann das Plus nur sehr gering sein. Bei den Kostenangaben für Danzig handelt es sich nur um Verzinsung und Tilgung der für Aptomierung der Rieselfelder aufgewendeten Kosten, bei Frankfurt a. M. um Ausgaben für die Klärung der Abwasser, auch Verzinsung und Tilgung des Anlagekapitals.

Es entfallen nach obigen an Jahreskosten der Kanalisation pro Kopf der Bevölkerung:

in Danzig 1,16 M.	in Berlin . . . 3,00 M.
„ Breslau 1,31 „	„ Frankfurt a. M. 3,75 „

4. Kostentragung.

Für diese muß der Grundsatz aufgestellt werden, daß die Kanalisation eine Einrichtung ist, die der gesamten Stadtbewohnerschaft im gleichen Maße zu gute kommt. Die Konsequenz dieses Satzes: daß alle dem Gemeindegebiet angehörenden Personen auch in gleichem Maße zu den Kosten heranzuziehen sein würden, erleidet aber wegen ungleicher Leistungsfähigkeit der einzelnen Be-

wohner, wie auch durch die notwendige Berücksichtigung zeitlicher Verhältnisse, Modifikationen. Prinzipiell richtig ist es daher, alle Ausgaben — einmalige Anlagekosten sowohl als dauernde Betriebs- u. s. w. -Kosten — nach Maßgabe der persönlichen Steuerfähigkeit der Einzelnen auf die Stadtbewohnerschaft zu verteilen. Es kommt aber, was die einmaligen Anlagekosten anbetrifft, in Betracht, daß die Anlage nicht nur für die Gegenwart, sondern für eine lange Dauer und so groß ausgeführt wird, daß sie über das Bedürfnis der Gegenwart mehr oder weniger weit hinausgeht. Danach ist es richtig, nicht die Gegenwart mit der einmaligen Ausgabe zu belasten, sondern einen großen Teil derselben auf die Zukunft überzuwälzen. Es kann von der Gegenwart nur verlangt werden, daß sie Bezahlung für den mit der Anlage unmittelbar eintretenden Nutzen, das Wort im weitesten Sinne genommen, leiste. Da aber der Nutzen sich am bestimmtesten in einer Preissteigerung der Grund- und Gebäudewerte ausdrückt, so ist die Verteilung der verbleibenden Auflage auf den Grund- und Gebäudebesitz das Richtige. Ob dabei nun der Nutzungswert (der in den staatlichen oder städtischen Abgaben vielleicht am richtigsten zum Ausdruck kommt) oder die Frontlänge der Grundstücke als Maßstab anzunehmen sei, ist nur im Einzelfalle zutreffend zu entscheiden. Es mag aber bemerkt werden, daß der Maßstab der Frontlänge oft ungerecht sein wird, z. B. bei ungünstig geformten Eckgrundstücken, ferner bei großer Tiefe der Bebauung der Grundstücke, wenn daneben Grundstücke von geringer Tiefe vorkommen, endlich da, wo gemischte Bebauung, d. h. Einzelwohnhausbau, mit großem Mietswohnhausbau untermischt, besteht. Am richtigsten würde Verteilung der Kosten etwa nach der Ausnutzungsfähigkeit des Grundstücks für Wohnzwecke, bezw. industrielle Anlagen sein, der sich angenähert in den sogen. Frontflächen der Gebäude ausdrückt.

Derjenige Teil der einmaligen Ausgabe, welcher durch die Summe der einmaligen Beiträge der Straßenanwohner nicht gedeckt ist, wird durch eine Anleihe mit langer Tilgungsfrist aufzubringen sein, deren Zinsen u. s. w. auf dem allgemeinen Steuersäckel zu nehmen sind.

Wenn man aber auf Erhebung eines einmaligen Beitrags verzichtet und die gesamten Kosten durch eine Anleihe aufbringt, würde es, um wenigstens ein gewisses Entgelt für den unmittelbaren Nutzen, den die Grund- und Hausbesitzer durch Anlage der Kanalisation realisieren, richtig sein, im Anfang die Tilgungsquote höher zu bemessen, als für die weitere Folgezeit, d. h. die Quote fallend zu normieren und dann den über den Durchschnitt hinaus gehenden Teil den Grundbesitzern als besondere Aufgabe aufzuerlegen.

Auf die laufenden (Jahres-)Beiträge finden die vorstehenden Bemerkungen keine Anwendung. Dieselben sollten nach Maßgabe der Steuerfähigkeit auf die Stadtbewohnerschaft verteilt werden. Geschieht dies nicht, so läßt sich für das abweichende Verfahren allerdings der Grund geltend machen, daß die Besitzervon Grundstücken wohl immer in der Lage sein werden, die Last zum Teil wieder auf die Mieter abzuwälzen. Ein richtigeres Verfahren besteht aber darin, von den Haus- und Grundbesitzern einen gewissen Teil der Kosten vorab zu erheben und den Rest aus dem allgemeinen Stadtsäckel zu decken.

- Baumeister, *Städtisches Straßenwesen und Städtereinigung*, 1890.
 Franzius u. Sonne, *Handb. d. Ingenieurwissensch.* 5. Aufl. (1893) 3. Bd.
 Dobel, *Kanalisation, Anlage und Bau städtischer Abzugskanäle und Hausentwässerungen*, 1886.
 Hobrecht, *Die Kanalisation von Berlin*, 1884.
Verwaltungsberichte des Magistrats von Berlin von 1875 an

Litteratur des Gesamtgebietes, besonders auf einzelne Anlagen bezügliche.

- Franzius u. Sonne, *Handb. d. Ingenieurwissensch.* 3. Bd. 3. Aufl. (1893).
 B. Latham, *Sanitary Engineering, a guide to the construction of the works of sewerage and house drainage*, 2. ed. London & New York 1878.
 Bürkli-Ziegler, *Ueber Anlage städtischer Abzugskanäle und Behandlung der Abfallstoffe aus Städten*, 1866.
 Baumeister, *Städtisches Straßenwesen und Städtereinigung*, 1890.
 Baumeister, *The cleaning and sewerage of cities; sewerage, sewage disposal and street cleaning*, New York 1891.
 Kaftan, *Reinigung und Entwässerung der Städte*, 1880.
 Dobel, *Kanalisation, Anlage und Bau städtischer Abzugskanäle und Hausentwässerungen*, Stuttgart 1866.
 Knauff, *Allgem. Grundsätze für eine system. Reinig. u. Entwässerung der Städte, Gesundheitsingenieur* (1881).
 Knauff, *Die Ableitung des Regenwassers aus Städten, Gesundheitsingenieur* (1882).
 Waring, *Entwässerung von Stadt und Land*, New York 1889.
 J. W. Adams, *Sewers and drains for populous districts*, New York 1887.
 Mitgau, *Die Kanalisation der Stadt Braunschweig*, 1887.
 Mitgau, *Bericht über die in Berlin, Amsterdam, Manchester, Croydon und Abingdon eingeführten Systeme der Städtereinigung*, 1880.
 Hobrecht, *Die Kanalisation der Stadt Stettin*, 1868.
 Hobrecht, *Die Kanalisation von Berlin*, 1884.
 Winterhalter, *Zur Kanalisation in München*, München 1880.
 Gordon, *Generelles Projekt zur Kanalisation von München* 1876.
 Gordon, *The drainage of continental towns, Leicester* 1885.
 Gordon, *Kanalisation der Stadt Heilbronn*, 1876.
 Gordon, *Erläuterungsbericht zu dem Dispositionsplan über die Anlage von Spülkanälen in Stuttgart*, 1876.
Entwässerung der Stadt Dortmund von Michaelis u. Gordon, 1878, und von Marx 1883.
 Mittermaier, *Reinigung und Entwässerung der Stadt Heidelberg*, 1870.
 Wiebe, *Die Reinigung und Entwässerung von Berlin*, 1869.
 Wiebe, *Die Reinigung und Entwässerung der Stadt Danzig, unter Mitwirkung von Veitmeyer bearbeitet*, 1880.
 Wiebe, *Wasserleitung, Kanalisation und Rieselfelder von Danzig*, 1877.
 Wiebe, *Genereller Entwurf eines Kanalisationssystems zur Reinigung und Entwässerung von Königsberg*, Berlin 1880.
 Becker, *Die Kanalisation der Stadt Königsberg*, 1890.
 Brix, *Die Kanalisation von Wiesbaden*, Wiesbaden 1887.
 Brix, Bd. 1 des Handbuchs von Behring: *Die Bekämpfung der Infektionskrankheiten*, 1894.
 Belgrand, *Les travaux souterrains de Paris*, 1875—1883.
 Durand-Claye, *Les travaux de l'assainissement de Danzig*, Berlin, Breslau, *Revue d'hygiène* 1884.
 Cunz, *Kanalisation von Karlsbad*, Karlsbad 1887.
 Scherpf, *Die Kanalisierung der Stadt Würzburg*, 1867.
 Hügel, *Kanalisation und Abfuhr in Würzburg*, 1886.
 Vierling, *Zur Kanalisationsfrage in Mainz*, 1879.
 Baumeister, *Zur Kanalisationsfrage in Mainz*, 1879.
 Agthe, *Bericht über die Vorarbeiten für die systematische Entwässerung und Reinigung der Stadt Riga*, Riga 1886.
 Agthe, *Versuch der Beantwortung einiger Fragen, betr. die systematische Reinigung und Entwässerung der Stadt Riga*.
 Gruner, *Vorprojekt für die Kanalisation der Stadt Mülhausen i/E.*, 1892.
 Aus der zahlreichen Zeitschriften-Litteratur werden hier nur die folgenden, sehr beschränkten Angaben gemacht:
 In der Vierteljahresschr. f. d. Gesundheitspf.:
 Im Jahrg. 1872 über die Kanalisation von Bremen; im Jahrg. 1873 über die Kanalisationen von Düsseldorf u. Frankfurt a/M.; im Jahrg. 1874 über die Entwässerung

- rung der Stadt Witten a. d. R.; im Jahrg. 1880 über die Kanalisation von Brüssel und von Posen; im Jahrg. 1883 über die neuen Abzugskanäle in Paris; in den Jahrg. 1887 u. 1891 über die Kanalisation von Charlottenburg.*
- Im Gesundheitsingenieur:**
Im Jahrg. 1873 über die Kanalisation von Breslau; im Jahrg. 1889 über die Kanalisation von Düsseldorf; im Jahrg. 1889 über die Korrektur des Landgrabens in Karlsruhe; im Jahrg. 1891 über die Kanalisation von Charlottenburg; im Jahrg. 1893 über die Entwässerung von Köln.
- Im Centralbl. f. allgemeine Gesundheitspflege betr. Mitteilungen in fast allen Jahrgängen.**
- In der Deutschen Bauzeitung:**
Im Jahrg. 1880 über die Entwässerung von Mainz; im Jahrg. 1885 über die Entwässerung von Bremen und London; im Jahrg. 1887 über die Entwässerung von Szegedin.
- In der Zeitschr. f. Bauwesen:**
Im Jahrg. 1873 über die Entwässerung der Stadt Witten a. d. R.; im Jahrg. 1890 über die Entwässerung von Königsberg; im Jahrg. 1892 über die Kanalisation von Neapel.
- Im Centralbl. der Bauverwaltung:**
Im Jahrg. 1884 über die neuen Pariser Abzugskanäle; im Jahrg. 1885 über die Kanalisation von Berlin.
- In der Zeitschr. d. Archit.- u. Ingen.-Ver. f. Hannover:**
Im Jahrg. 1877 über die Entwässerung von Brüssel; in den Jahrg. 1878, 1887 und 1891 über die Kanalisation von Hannover.
- In der Wochenschr. d. österr. Ingen.- u. Archit.-Ver.:**
Im Jahrg. 1886 über die Entwässerung von Warschau.
- In der Schweizerischen Bauzeitung:**
Im Jahrg. 1890 über die Entwässerung von Winterthur.
- In der Zeitschr. d. Ver. deutscher Ingen.:**
Im Jahrg. 1891 über die Entwässerung von Elberfeld.
- In den Engineering News 1884 über die Entwässerung von Boston.**
- In den Transact. of the Americ. Society of Civ. Engin. 1889 über die Entwässerung der Stadt Memphis.**
- In The Engineer 1873 über die Kanalisation von London.**
- Generelle Nachrichten über Kanalisationsanlagen enthält zahlreich Bd. III des Berichts über die Allgem. deutsche Ausstellg. auf dem Gebiete der Hygiene u. s. w. Berlin 1882/83, Breslau 1886.**

Figuren-Angabe

zum Abschnitt über „Kanalisation“.

*Die mit einem * bezeichneten Figuren gehören zum besonderen Abschnitt des Professor Blasius über Trennsysteme.*

Figur		Inhalt der Figur.	Urheber oder Entnahmestelle.
No.	Seite		
1, 2	156	Regenüberfall.	Original.
3	161	Gemeinsamer Kanal für Trenn- und Schwemmsystem.	Original.
4	166	Ejektor von J. Shone.	Deutsche Bauzeitg. 1885.
5	186	Kanal mit hohlem Sohlstück für Grundwasser-Ableitung.	„ „ 1881.
6	188	Kanalprofil mit breiter Sohle.	Original.
7	195	„ nach der Eiform.	Baumeister, Städtisch. Straßsenwesen und Städtereinigung.
8	195	„ „ „ „ mit einseitigem Bankett.	Brix, Kanalisation von Wiesbaden.
9	195	Kanalprofil nach der Keilform.	Kanalisation v. Charlottenburg.
10	195	„ „ „ Kreisform mit 2 Banketts.	Brix, Kanalisation v. Wiesbaden.
11	195	Kanalprofil m. verbreiteter Wölbung und besonderer Abflusrinne.	Kanalisation von Paris.
12	201	Generelle Anordnung des Kanalnetzes von Köln.	Lent, Köln, Festschrift u. s. w.
13	202	Desgl. des Kanalnetzes von Frankfurt a./M.	Frankfurt a./M. und seine Bauten.
14	204	Desgl. des Kanalnetzes von Berlin.	Hobrecht, Kanalisation von Berlin.
15—17	210	Zusammenführung von zwei Kanälen.	Baumeister, Städtisch. Straßsenwesen u. s. w.
18	211	Schema des Siphonwasserschlusses.	} Originale.
19	211	Desgl. des Glockenwasserschlusses.	
20	213	Ursachen des Brechens von Wasserschläüssen.	
21	215	Sicherung gegen das Brechen von Wasserschläüssen durch Kugelventil.	Aus Baumeister, Städtisches Straßsenwesen u. s. w., nach Gerhard.
22	216	Glockenwasserschluß.	Deutsches Bauhandbuch II, 1.
23	216	Siphonwasserschluß.	Dasselbst.
24—27	216	Verschiedene Formen von Wasserschläüssen.	Aus Baumeister, Städtisches Straßsenwesen u. s. w., nach verschiedenen Quellen.
28, 29	216	Doppelwasserschläüsse.	Desgl.
30	217	Patent-Geruchverschluss von Budde & Göhde.	Musterbuch der Firma.
31, 32	218	Gestaltung der Sohle von Einsteiggeschächten.	Baumeister, Städtisch. Straßsenwesen u. s. w.

Figur		Inhalt der Figur.	Urheber oder Entnahmestelle.
No.	Seite		
33	218	Deckel zu Einsteigeschächten.	Kanalisation von Charlottenburg.
34	220	Lampenloch.	Baumeister, Städtisches Straßenwesen u. s. w.
35—38	223	Verschiedene Gullykonstruktionen.	Aus Baumeister, Städtisches Straßenwesen u. s. w., nach verschiedenen Quellen.
39, 40	223	Gullykonstruktion mit beweglichem Wasserschluß.	Hobrecht, Kanalisation v. Berlin.
41	224	Desgleichen.	Brix, Kanalisation von Wiesbaden.
42	224	Auffangvorrichtung für Regenrohre.	Hobrecht, Kanalisation v. Berlin.
43	225	Fetttopf, nach Grovè.	Musterbuch der Firma.
44, 45	227	Spülschächte.	Brix, Kanalisation von Wiesbaden.
46	228	Spülapparat v. Rogers Field.	Arnould, Nouveaux éléments d'hygiène.
47	251	Kammer-Sandfang.	Original.
48—50	254	Sicherungsmittel gegen den Bruch von Wasserschläüssen.	Baumeister, Städtisch. Straßenwesen u. s. w.
51—57	256	Verschiedene Anordnungen von Hausanschlüssen und Lüftung derselben.	Desgl.
58	259	Kugelventil zur Sicherung gegen Rückstau.	Desgl. daher, nach Gerhard.
59	259	Rückstauklappe.	Hobrecht, Kanalisation v. Berlin.
60	261	Desgl. mit Wasserschluß u. Schlamm-sack.	Deutsche Bauzeitung.
61	265	Trichter-Klosett.	Deutsches Bauhandbuch II, 1.
62	265	Desgl. für tiefe Lage des Wasser-schlusses.	Daselbst.
63	266	Einrichtung zur automatischen Klo-settspülung.	Daselbst.
64	266	Klosetttrichter mit Zunge.	Daselbst.
65	266	Becken- (Pan-) Klosett.	Emmerich, Wasserklosett-Anlg.
66	268	Jennings-Klosett.	Deutsches Bauhandbuch II, 1.
67	268	Desgleichen, andere Form.	Emmerich, Wasserklosett-Anlg.
68	268	Washout-Klosett.	Assmann, Be- und Entwässerung von Grundstücken.
69	275	Selbstthätiger Spülapparat für Haus-leitungen, mit Heber.	Deutsche Bauzeitung.
70, 71	276	Desgl. desgl. mit Schwimmkugelhahn.	Emmerich, Wasserklosett-Anlg.
72	276	Desgl. für Anschlußleitungen, von Rothe.	Centralbl. d. Bauverwltg.
73	277	Darstellung einer Hausentwässerung nach Hamburger Vorschrift.	Hamburg und seine Bauten.
1*	169	Schema der Straßenreservoirs und Centralstation nach Liernur.	Rubner, Lehrbuch der Hygiene, 4. Aufl. S. 358.
2*	169	Abtritt nach Liernur.	Monatsblatt für öff. Gesundheitspf. 1879, S. 22.
3*	171	Verbindung des Abtritts mit dem Hauptrohr nach Liernur.	Monatsblatt für öff. Gesundheitspf. 1879, S. 19.
4*	171	Verästelung des Fäkalrohrs in den Häusern und Straßen, und Verbindung desselben mit Straßenreservoir und Magistralleitung nach Liernur.	Rubner, Lehrbuch der Hygiene, 4. Aufl. S. 358.
5*	175	Entleerer (évacuateur) von Berlier.	} Centralbl. f. allgem. Gespfl., 2. Bd. S. 4. (1883)
6*	175	Aufnehmer (récepteur) „ „	

Register

zur Städtereinigung.

- A-B-C-Prozefs** 52.
Abdeckereien s. Wehmer Bd. II, Abt. II 103.
Abendroth 15.
Aberdeen, Bauordnung für 281.
Abfälle, städtische, Gesamtmenge der 29 ff.
Abfangkanäle 201.
Abfangsystem 201.
Abflussmenge der Kanäle 137 ff.
Abfuhr 43 ff.
Abfuhrsysteme in England 9.
Abtrittsgase 33. 61.
Abwässer der Badeanstalten 21.
 — der Brauereien 23.
 — „ Brennerien 23.
 — „ Dächer 28.
 — „ Fabriken 23.
 — „ Färbereien 24.
 — „ Gerbereien 23.
 — „ Küchen 21.
 — „ Leimsiedereien 24.
 — „ Papierfabriken 24.
 — „ Schlachthäuser 23.
 — „ Spinnereien 24.
 — „ Städte 22.
 — „ Stärkefabriken 23.
 — „ Straßen 28.
 — „ Waschküchen 21. 22.
 — häusliche 142.
 — Wert der 23.
 — s. auch Straßenwasser, Regenwasser, Meteorwasser, Küchenwasser, Fabrikwasser.
Adams 293.
Adelt 13.
Agthe 293.
Aird 122.
Alhambra 3.
Almqvist, E., Abfuhr in Goeteborg 84.
Amsterdam, Entwässerung von 171.
Anderson 19.
d'Arcet 46.
Arnould 123. 153.
Aschenklosetts 100 ff.
Asphaltrohre 208.
Assmann 270.
Augsburg, Abfuhr in 82.
 — im Mittelalter 4.
 — Kanallänge, m 287.
Babylon 1.
Bakterien im Flußwasser 36.
 — im Straßenschmutz 26 ff.
 — in Kanalwassern 152.
Bankette in Kanälen 194.
Barde 282.
Bargum 281.
Baudin's patent apparatus 54.
Baumeister s. Goldner.
 — 118, 199, 248.
 — Litteratur über Städtereinigung und Straßenwesen 177.
Bayley-Denton 282.
Basalgette 118. 242.
van Bebber 142.
Beckenklosett 266.
Becker 293.
Beckurts s. Blasius, R.
Bedürfnisanstalten 110 ff.
Beetz 110. 233.
Behn 217.
Behrens 100.
Beiselstein 270.
Belgrand 293.
Belicard 79.
Berlier's System 165. 175.
Berlin, in vorhygienischer Aera 5.
 — Kanalisation von 119. 204.
 — Kosten der Kanäle in 287.
 — Reinhaltung der Kanäle in 283 ff.
 — Rieselfelder von 155.
Bernatz 76.
Berzelius 16.
Betonröhren 207.
Beyerlein 13.
Billoguin 96.
Bindewald 228.
Birnbaum 16.
Bischleb und Kleucker 105.
Blanchard 81.
Blasius, R. 81.
 — Liernur's System 178.

- Blasius, B.**, über Brunnen in Braunschweig 34.
 — über Trennsysteme 167 ff.
 — „ Torf 109.
Bleirohre 272.
Boden, Verunreinigung des 31.
 — s. a. Fodor dies. Handb. I, 129.
Bodenluft 33.
 — s. a. Boden.
Böhmen, Hygiene in 6.
Bonnefin 56.
Bordeaux, Städtereinigung in 58.
Bornemann 179.
Borsiko-Chadisco 109.
Bose 7.
Boston, Entwässerung von 294.
Boussingault 18.
Brauchwässer 147.
Braungart 179.
Braunschweig, Tonnensystem in 81.
Bremen 120.
 — Entwässerung von 294.
Bremerhaven 120.
Breslau 120.
 — Kanalisation von 248 (Litteratur).
 — Kosten der Kanäle 287.
Breyer 65.
Brix, Analysen von Abwässern 22.
 — Gefälle der Kanäle 193.
 — Reinigung von Wiesbaden 138.
Brüssel, Entwässerung von 119.
 — Spülung der Kanäle in 244.
 — Strafsenkehricht in 26.
Brunnen in Berlin 34.
 — in Braunschweig 34.
 — „ Leipzig 34.
 — „ Stettin 34.
Buchanan, Wirkung der Sanitary works 37.
 — über Erdklosetts 98 ff.
Bürkli 79
Bürkli-Ziegler s. Abflußmenge d. Kanäle.
Bulova 179.
Bunzlau 116.
 — Rieselfelder in 5.
Budde 85.
Budde und Göhde 217.
Burri s. Stutzer.

 C siehe auch K.
Canalisation 115 ff.
Canier 79.
Carrett 100.
Charrin 42.
Chavoutier 94.
Cazeneuve, Diviseur von 78.
Cementbeton 207.
Chadwick 118.
Chaises percées 93.
Charlottenburg, Entwässerung von 120. 294.
Chemnitz, Abfuhr 67.
Chenau 79.
Cheshire's intercepting tank 54.
Chiswick 190.
Cholera in England 9.
Cholera bacillen in Faeces 17.
Clark 177.
Clarke 282.
Cloaca maxima 2. 115.
Closets 262 ff.
Closetsysteme 89 ff.
Cöln s. Köln.
Columnella über Straßenreinigung 12.
Corfield 282.
Craigtinny-Wiesen 117.
Crimp 240
Croydon 9.
Cuers 105.
Cuntz 218.

Dalmont 53.
Danzig, Entwässerung von 119.
 — Ventilation der Kanäle 240.
Delbrück über Desinfektion 49.
Delfter Tonnensystem 82.
Desbrousses 52.
Desgodets 7.
Deutschland, Städtereinigung in 9. 10.
Devaux 177.
Dichtung der Muffen 206.
Differenzier-System s. Trennsysteme.
Diponchel 55.
Diviseure 53 ff. 77 ff.
Dobel 65 293.
Dörich 5. 122.
Dortmund 122.
Dresden, Abfuhr in 68.
Dreves 20.
Drouinaut 26.
Druckrohre 209.
Düsseldorf, Entwässerung von 120. 294.
Dugleré 53. 77.
Duker 248.
Dumenil 26.
Dumont's System 11. 168.
Durand-Claye 8. 118. 142. 293.

Ebermayer 134.
Edinburgh, Rieselfelder bei 116.
Egypten 1.
 — Berieselung in 1.
Ehrle, Kultur der Renaissance 4.
 — heimliche Gemäcker 4.
Ejektor nach Shone 166.
Einsteigeschächte 217.
Eiprofil 194.
Eisenvitriol als Desinfektionsmittel 46.
Elberfeld 120.
 — Entwässerung von 293.
Elbwasser, Bakterien im 155.
Elliptisches Profil 194.
Ellis 100.
Emden, Tonnensystem in 82
Emmerich, über Wasserklosetts 270.
England, Städtereinigung in 8.
Entlüftungshähne 209.
Entwässerung s. d. einz. Städte.
Erdklosett 97.
v Erhardt 118.
Erisman über Erdklosetts 99. 102.
 — über Städtereinigung 177.
 — menschl. Stickstoffausscheidung pro Jahr 17.
Essen 120.

- Esser** 178.
Etrusker besitzen Drainage 2.
Eulenberg, Litteratur 123.
Ewich 70. 178.
Exkremente 15 ff.
 — der Haustiere 18 ff.
 — „ Menschen 15.
 — „ in Chemnitz 16.
 — von Ente 19.
 — „ Gans 19.
 — „ Huhn 19.
 — „ Pferd 18.
 — „ Rind 18.
 — „ Schaf 18.
 — „ Schwein 18
 — „ Taube 19.
 — „ Truthahn 19.
 — Wert der, 17. 21.
 — Zusammensetzung der, 143 ff.
Eyslein 102.
Fabrikwässer 148.
Faeces, Fäulnis der 17.
 — Zusammensetzung 143 ff.
Fäkalextrakte 82.
Fäkalsteine 80.
Falk, F., über Erdklosetts 98.
Ferrand 180.
Fetttöpfe 224.
Feuerklosetts 91 ff.
Field 228.
Finkelnburg, Englands Gesundheitspf. 122.
Fischer, Ferd., menschl. Abfallstoffe 30.
Fischer und Co. in Heidelberg 75.
Flügge über Desinfektionsmittel 48.
Flussverunreinigung 34.
Fonssagrives 13.
v. Forckenbeck 118.
Fortin 94.
Fosses fixes in Paris 7.
 — mobiles in Paris 8.
Fränkel, C., s. Klipstein 105.
Frank, P. 105.
Frankfurt a./M. Entwässerung von 119.
 — im Mittelalter 116.
 — Kanalisation von 202.
 — Kosten der Kanäle 287.
Frankland, E., über Aschenklosetts 102.
 — Menge der Exkremente 16.
Frankreichs Hygiene im Mittelalter 7.
Franzius und Sonne 194. 199.
Friedrich, Verfahren zur Desinfektion 50.
 — Sirenklosett 97.
Frostgefahr für Kanäle 180.
 — für Regenrohre 257.
Fürbringer, Bürgermeister 83.
Fürst, C., über Torf 105.
Gärtner über Abfuhrsysteme 85.
Gaultier de Chaubry 286.
Geheime Gemächer 3.
Gehring 107.
Geiger und Frühling 227.
Gerhard 217. 281.
Gesellius 178.
Girard 26.
Girardin 19.
Girdlestone 99.
Glatz, Abfuhr in 86.
Görlitz, Abfuhr in 86.
Göteborg, Tonnensystem in 84.
Götel 57.
Göttisheim 88.
Goldner's Fäkalreservoir 57.
Gordon 118. 124. 202. 293.
Gosy 179.
Gourlier 53.
Goux System 101.
Grandke 155.
Graz, Abfuhr in 86.
Greifswalde, Abfuhr in 86.
Grönigen 81.
 — Tonnensystem in 84.
Gronven 49.
Gruben 44 ff.
 — Desinfektion der 47.
 — Ventilation der 46.
Grubensysteme 43 ff.
 — in Chemnitz 67.
 — „ Dresden 68.
 — „ Leipzig 69.
 — „ Mühlhausen i./E. 66.
 — „ Posen 67.
 — „ Straßburg 68.
 — „ Stuttgart 66.
Gruber, M. 69.
von Gruber 69.
 — über Bauordnungen 281.
Grundwasser, Einfluß auf Kanäle 183. 185.
Gruner 293.
Gullies 220 ff.
Gunning 179.
Hajnis 180.
Halle 120.
Hamburg, Cholera in 36.
 — Entwässerung von 118.
 — Hausentwässerung in 277.
 — Kanäle in 197.
 — Kosten der Kanäle 287.
Hannover, Entwässerung von 120.
 — Hausentwässerung in 281.
Happe 102.
Hartmann 52, s. a. Süvern.
Hauptsammler 197.
Hausanschlüsse 252 ff.
Hausentwässerung 198. 217 (Litt.). 252 ff.
 270 (Litt.). 277.
 — in England 278.
 — Vorschriften 279.
Hauser, Typhus in Triberg 42.
Hauskehricht 25.
Hausmann, Baron 8.
Hausmann, O., über Desinfektion 49.
Heem de Geens 84.
Heidelberg, Entwässerung von 293.
Heidelberg, Tonnensystem 73.
Heiden 18.
Hellmann, Regenfälle 132. 140.
Hellriegel 19.
Hellwig, Flufsverunreinigung 42.
Helmstädt, Viehzählung in 21.
Henneberg 18.

- Hennebutte** 52.
Hennicke 282.
Hesse 243.
Hobrecht 118. 293.
 — Litteratur 124.
 — Radialsystem 204.
Hofklosett 265.
Hofmeister 18.
Hollmann 103.
v. d. Hude 282.
Hügel 293.
Hüllmann 50.
Huguin's Séparateur 78.

Idlisch 15.
Inspektionsgrube 281.
Intercepting sewers 201.
Italiens Hygiene im Mittelalter 6.

Janke 282.
Jäschke 281.
Jenning s. a. Süvern
Jennings' Klosett 268.
Jerusalem, Drainage 2.
 — Wasserleitung 2.
 — Hygiene in 115.
Johnston 19.
Juden, Reinhaltung des Bodens bei 2.
Jünger 109.
Jürgensen 18.

K siehe auch C.
Kästner 66.
Kaftan 293.
 — Hygiene in Böhmen 6.
 — über Liernur's System 179.
Kahlbaum's Abfuhrsystem 55.
Kaliumpermanganat 48.
Kalk als Desinfektionsmittel seit 100 Jahren in Paris 7.
Kanäle 180.
 — Frostsicherheit der 180.
 — Gefälle der 190 ff.
 — Spülung der 192. 225. 229 (Litt.). 276.
 — Tiefenlage der 181. 182. 187.
 — verschiedene Formen der 186. 188. 195.
 — Spiegelgefälle der 193.
 — Begehrbarkeit der 194.
 — Baukosten der 196. 286.
 — Baumaterialien der 205.
 — Konstruktion der 205
 — aus Cementbeton 207.
 — „ Haustein 208.
 — „ Ziegelstein 208.
 — „ Eisen 208.
 — Haltbarkeit der 217 (Litt.).
 — Luftwechsel der 229.
 — Ventilation der 229.
 — Luft in 229.
 — Lüftung der 254 ff.
 — Unterhaltung der 282 ff.
 — Betrieb der 282 ff.
 — Reinhaltung der 282 ff.
Kanalisation 115 ff.
 — von Berlin 141.
 — „ Breslau 141.
Kanalisation von Budapest 141.
 — von Chemnitz 141.
 — „ Danzig 141.
 — „ Dortmund 141.
 — „ Freiburg i/Bad. 141.
 — „ Hamburg 141.
 — „ Kaiserslautern 141.
 — „ Karlsruhe 141.
 — „ Köln 141.
 — „ Königsberg 141.
 — „ Lüttich 141.
 — „ Mannheim 141.
 — „ Mülhausen i/E. 141.
 — „ München 141.
 — „ Neapel 7.
 — „ Nürnberg 141.
 — „ Pest 141.
 — „ Rom 7.
 — „ Stettin 141.
 — „ Stuttgart 141.
 — „ Wien 141.
 — „ Wiesbaden 141.
 — „ Witten 141.
 — s. a. d. einzelnen Städte.
Kanalgase 217. 229 ff.
 — Vergiftungen durch 243 (Litt.)
Kanalluft 187. 229 ff.
Kanalprofile 186. 188. 194 ff.
Kanälwässer, Analysen von 150. 151.
 — Bakterien in 152.
Kapacinsky 109.
Karlsbad, Entwässerung von 293.
Karlsruhe, Kosten der Kanäle 287.
Karmrodt 19.
Kast über Cholera in England 9.
Kaufmann 13.
Kehricht 25.
 — s. a. Richter Bd. II, Abt. II Straßsenhygiene.
 — s. Hauskehricht.
 — s. Straßsenkehricht.
Keller 65.
Kellerüberschwemmungen 186. 258.
v. Kerschenteiner, Reinigung von München 88.
Kiel, Abfuhr in 86.
Kindersterblichkeit 37.
Kitt für Thonrohre 206.
Kleemann 97.
Kleinwasser 195.
Klette 2.
Klipstein über Torf 105.
Kloakengase 240.
Klosetts 262 ff.
Klosettsysteme 89 ff.
Klosz 97.
Klotz's Pumpe 64 ff.
Knauff 177. 180.
 — Hausentwässerung 281.
 — Kippspüler von 228.
Koch, B., Cholera in Deutschland 36.
Köhn 124.
Köln, Entwässerung von 120.
 — Kanäle in 201.
 — Kanalisation von 246.
König, Analysen von Abwässern 23.

- Königsberg** 120.
 — Entwässerung von 293.
Kohlensäure in Kanälen 233.
Kopenhagen, Abfuhr in 84.
Koppin 122.
Kornstadt 86.
Kowalski 42.
Krämer über Torf 112.
Kreglinger s. Hauser.
Kreisprofil 194.
Krepp 178.
Kruse 76.
 — (Norderney) 14.
Kübel f. Faeces 80 ff.
Küchenmeister über Bestattungsformen 13.
Küchenwasser 142.
Kutter 190.
Lagrué 94.
Lascelles 98.
Latrinen, türkische 91.
Lampenlöcher 217. 220.
Latham 118 (Litt.) 124 293.
Lauber 67.
Laurin 177.
Lavoisier als Hygieniker 7.
Layard 1.
Lehfeldt über Klosetts 101.
Lehmann 15, s. a. Wolf.
 — über Schwefelwasserstoff 285.
Leichenwesen 29.
Leipzig, Abfuhr in 69.
Lent's Festschrift 122. 281.
Lessage 66.
Liernur 16.
 — Litteratur betr. sein System 177 ff.
 — System 11. 164.
 — „ in Amsterdam 171.
 — „ „ Doordrecht 165.
 — „ „ Leyden 165.
 — „ „ Prag 179.
Liévin, Sterblichkeit in Danzig 37.
Liger 3.
 — über Aborte in Paris 7.
Lindley 118.
Linse 217. 281.
Linz, Kanäle in 197.
 — Kosten der Kanäle 287.
Lipowsky 76.
Lissauer über Erdklosetts 98.
 — über Ventilation der Kanäle 240.
Liverpool, Kosten der Kanäle 287.
Löffler s. Kornstadt.
Lommer 69.
London, Entwässerung von 118. 294.
 — Kanäle in 197. 201.
 — Kanalluft in 233.
 — Kosten der Kanäle 287.
Lorent 178.
Luftwechsel der Kanäle 229.
Mac Clellan 243.
Magdeburg, Entwässerung von 11. 120.
Mainz, Entwässerung von 293.
 — Kosten der Kanäle 287.
Manchester 81.
Manfredi, Keimzahl im Straßenschmutz 26 ff.
Manganchlorür 48.
Maquet, Curt 75.
Marburg, Kanäle in 197.
Marggraff 179.
Marino und Co. 93.
Marpmann, Bakterien in Straßenschmutz 27.
Mauren, die Gesundheitspflege der 3.
Mauriac 58.
Mehlrose 93.
Memphis, Entwässerung von 294.
Merbach 178.
du Mesnil 26.
Messdag 61.
Meteorwasser 127.
Meyerding 105.
Milczewski 13.
Miquel (Paris) 243 (Litt.).
 — Keime in Abwässern 22.
Mitgau 81. 293.
Mittelalter, Gesundheitspflege im 3.
Mittermayer 88.
Montfaucon 7.
Morell's Aschenklosett 101.
Mori 155. 243.
Mosselmann's Klosett 94.
Mothes 3.
Moule's Erdklosett 97.
Mouras 57.
Mülhausen i./E., Abfuhr in 66.
 — Entwässerung von 293.
Müll s. Kehrriecht.
Müllverbrennung 13.
 — s. a. Richter, s. a. Weyl.
Müller, A., über Berliner Brunnen 34.
 — über Klosetts 93 ff.
 — „ Torf 104. 109.
Müller-Schür's Klosett 96.
München, Entwässerung von 120.
 — im Mittelalter 4.
 — Kanalisation von 202.
 — Kosten der Kanäle 287.
 — Städtereinigung in 10.
Muffendichtung 206.
Mundt 97.
Muntz über Straßenekehrriecht 26.
von Nägeli 243.
Narduzzi 2.
Neapel, Entwässerung von 294.
Nessler's Abfuhrsystem 55.
Niedrigwasser 195.
Nietleben, Cholera in 36.
Ninive 2.
Norderney, Städtereinigung in 11.
Notauslässe 155 ff.
 — s. a. Regenüberfälle.
Nürnberg 120.
v. Overbeck de Meyer 179.
Oberländer 97.
Oberflächenwasser 130.
Ochswadt 80.
Ocker, Verunreinigung der 34 ff.
Oelpissoire 110. 269.
Oldenburg, Bauordnung für 281.
Oursin 68.

- Pagliani** über Tonnensysteme 76.
 — Grube 59.
Palasciano 179.
Paltzow 16.
Pappenheimer 4.
Parallelsystem 201.
Paris, Assanierung von 8.
 — Entwässerung von 119. 294.
 — Hygiene im Mittelalter 7.
 — Kanäle in 199 (Litt).
 — Kosten der Kanäle 287.
 — Zusammensetzung der Straßenwässer 130 ff.
Parkes 16.
Passau im Mittelalter 4.
Passavant, G., über Erdklosetts 99 ff.
Paulet 15.
Payen 53. 94.
Pest, die in Böhmen 6.
Peters 282.
Petri, Fäkalsteine von 66.
 — Tonnensystem 80.
Pettenkofer, Litteratur über Städtereinigung 123.
 — Menge der Exkremente 16.
 — über Flufsverunreinigung 10.
Pfefferminzöl 280.
Philippot 65.
Pierson 177.
Pilâtre de Rosier 7.
Pissoirs 110 ff. 269.
 — Spülung der 275. 276.
Pneumatisches System 165.
Podewils 82.
Poincaré 243.
Pompeji, Entwässerung von 116.
Pontzen 180.
Poppe 107.
Popper 97.
Posen, Abfuhr in 67.
 — Entwässerung von 294.
Potsdam 120.
Poudrette, Fabrikation in Bondy (Paris) 8.
Prag, Entwässerung von 179.
 — im Mittelalter 6.
Priesterpumpe 61.
Princess Christian 282.
Public health act 9.
Pumpen zur Fäkalentleerung 61 ff.
 — Coblenzer 61.
Pumpstationen 248 ff.
Pumpwerke 248 ff.
Putzeys 177.
Radcliffe 113.
Radialsystem 203.
Raschdorff 54.
Rastelli 59.
Rauchprobe 280.
Rautenberg 18.
Regendauer 140.
Regenfälle in Deutschland 132.
 — höhe 140.
 — rohre 224. 257.
 — überfälle 155 ff.
 — wasser 132.
Registrar General 9.
Reich über Berliner Brunnen 34.
 — über Flufsverunreinigung 42.
Reinhard 178.
Renk, Stehblech von 214.
 — über Fallrohre 254.
 — über Kanalgase 217.
Reuss 178.
Revisionsbrunnen 217.
Revisionsschächte 217.
Richer's Tonne 78.
Richter, über Müllverbrennung 14.
Rieselfelder von Berlin 155.
Riga, Entwässerung von 293.
Ringkanäle 200.
River pollution act 9.
Rochard's Encyclopédie 122.
Rochdale 81.
Rogers Field 228.
Rom, Aborte in 3.
 — Cloaca maxima in 2. 117.
 — Kanäle in 3.
 — Entwässerung von 115.
Rosenthal (Magdeburg) 14.
v. Roszahegyi 239.
Roth u. Lex über Erdklosetts 98.
 — über Goux-System 101.
Rubner über Torf 105.
 — Tonne nach 80.
Rugby 9.
Ruhr, übertragen durch Trinkwasser 36.
Russland, Städtereinigung in 11.
Salford 101, 248.
Salkowsky über Rieselfelder 155.
Salmon 102.
Sammler 197.
Sander, Fr. 42.
Sandfang 217. 251.
Sautter 65. 67.
Schauenstein 73.
Scheiding 91.
Scherpf 293.
Schiettinger 61.
Schild zur Reinigung von Kanälen 229. 284.
Schlammfang 217.
 — sack 217.
Schleh's Fäkalreservoir 57.
Schlimper 105.
Schmetzer 275.
Schmidt, Gebr. in Weimar.
Schneehöhe 133.
Schneekammern 181.
Schneitler 62.
Schröder 178.
Schröder, K. über Torf.
Schubarth 180.
Schülke 113.
Schürmann 80.
Schüsse 208.
Schultz, A. (Berlin) 179.
Schuster, G. 109.
Schwarz (Graz) 86.
Schwebestoffe in Kanalwässern 153.
Schweden, Städtereinigung in 11.
Schwedisches Luftklosett 93.

- Schwefelwasserstoff in Kanälen 230. 285.
 Schwemmkraft 190.
 Schwerin 81.
 Scott 178.
 Seckendorf 134.
 Seipp u. Weyl, (Feuerklosett) 91.
 Selbstreinigung des Irwell 36.
 — der Ocker 35.
 — „ Pegnitz 36.
 — des Rheins 36.
 — der Seine 36.
 — „ Spree 36.
 Senckenberg 177.
 Senkgruben 44.
 — s. a. Fosses fixes 8.
 Senne, la 244.
 Sewage utilization act 9.
 Shone's System 166.
 Sinkstoffe 153.
 Siphon 211 ff.
 Smead 91.
 Smolian 107.
 Sohlengefälle 195.
 Soyka, Litteratur 123.
 — Ventilation der Kanäle 237. 240.
 Spierling 108.
 Spiess über Erdklosetts 99.
 Sprochhus 4.
 Stade, Abfuhr in 85.
 Städtereinigung, Entwicklung, Geschichte 1.
 — s. d. einz. Länder und Städte.
 Staley 177.
 Sterblichkeit, Abnahme der Kinder- 37.
 — Abnahme durch Städtereinigung 37 ff.
 — in Berlin 37.
 — „ Danzig 37.
 — „ engl. Städten 37.
 — „ Hamburg 37.
 — „ München 37.
 Stettin, Entwässerung von 120.
 — Kanalisation von 293.
 Stevens-Hellyer 282.
 Steuernagel 248.
 Stöckhardt 17.
 Stohmann 18.
 Strachan 243.
 Stralsund, Kosten der Kanäle 287.
 Strassburg i. E., Abfuhr in 68.
 — im Mittelalter 4.
 — Städtereinigung in 11.
 Strassenhygiene s. a. Richter, s. a. Weyl.
 Strassenkehricht 25.
 — Analysen von 26.
 — auch bakteriologische 26.
 — Wert von 28.
 Strassenwasser 130.
 Streuklosetts 97 ff.
 Stübben über Berlier's System 175.
 Stuttgart, Abfuhr in 66.
 — Entwässerung von 293.
 Stutzer u. Burri über Torf 105.
 Sucksdorf 17.
 Süvern'sche Masse 28.
 Swiecianowski 91.
 Szegedin, Kanalisation von 202.
 Tacom 94.
 Tallard 65.
 Tarjet 101.
 Taylor 54.
 Teale 282.
 Teerstrick 206.
 Themse, Verunreinigung der 26. 118.
 Tierkadaver s. Abdeckereien.
 Thierry-Mieg 66.
 Thiriart 57.
 Thon 178.
 Thonrohre 206. 271.
 Thorwirt 45.
 Thudichum 15.
 Tinette filtrante 78.
 Tinturier-Bindewald 228.
 Tischbein 97.
 Töpfer 93.
 Tomek 6.
 Tonnen 71.
 — s. a. Fosses mobiles 8.
 — systeme 71.
 Torf 103.
 Torfklosetts 102.
 — mull 104.
 — streu 104.
 Traps 211 ff.
 Trennsysteme 159 ff. 167 ff.
 Trichterklosett 265.
 Tuberkelbacillen im Straßenschutz 27.
 Turin, Entwässerung von 117.
 Typhus abdominalis, Bekämpfung durch
 Städtereinigung 37. 40.
 Typhusbacillen in Faeces 17.
 Typhusepidemien, Beispiele von 36.
 Ueberschwemmungen der Keller 186. 258.
 Uffelman, Keimzahl im Straßenschutz
 26 ff.
 — über ital. Hygiene 6.
 — „ Tonnenysteme 81.
 Vallin 70.
 von Valmagini 50.
 Varrentrapp, Litteratur 123.
 — über Kanalisation 10.
 — „ Liernur's System 179.
 Vauréal 52.
 Ventilation der Kanäle 229.
 Verbrennung der Schwebestoffe aus Kanälen
 284.
 Verdunstungsfläche 134.
 Versitzgruben 3.
 — in Freiburg 3.
 — „ Cöln 3.
 — „ Nürnberg 3.
 — „ Zürich 3.
 Verunreinigung des Bodens 31.
 — der Luft 32.
 — des Wassers 34.
 Vierling 293.
 Virchow, Litterat. üb. Städtereinigung 123.
 — über Kanalisation 10.
 Visser 84.
 Vogel 281.

Volger 177.
van Vranken 228.

Wansleben 282.
Waring's System 161. 167. 282.
Warschau, Entwässerung von 294.
Waschbecken 270.
Washout closet 268.
Wasserklosetts 262 ff.
Wasserdichtheit, Prüfung auf 280.
Wasserfuhr 178.
Wasserquerschnitt 191.
Wasserschlässe 211 ff.
Wasserverbrauch 145 ff.
Way 15.
Wazon 168.
Wehmer s. Abdeckereien.
Weimar, Abfuhr in 85.
Wernich über Leichenwesen 14.
Weyl, Feuerklosett von 91.
— Analyse von Berliner Kanalwässern 150.
— Analysen von Strafsenkehricht 26.
— Assanierung von Neapel 14.
— über Müllverbrennung 14.
— „ Strafsenhygiene 25.

Weyl, Verbesserung der Sterblichkeit in Städten 14. 37.

Wibel 189.
Wiebe 119. 203. 293.
Wiesbaden, Entwässerung von 120, 293.
Wiggers, Reinigung von Emden 89.
Wilhelmshaven 120.
Wilhelmy 51.
Wimbledon 240.
v. Winter 118.
Winterhalter 293.
Winterthur, Entwässerung von 294.
Witten, Entwässerung von 120; 294.
Wolffhügel, Verunreinigung d. Bodens 32. 190.
Wolf u. Lehmann 15.
Würzburg, Entwässerung von 293.
Wustadt 55.
Zavitziano 91.
Zehfus 178.
Zeitler, Verfahren zur Desinfekt. 50.
Zenetti 120.
Zerning 109.
Ziureck 16.
Zonensystem 202.
Zuber 243.
Züricher Tonnensystem 77.

Berichtigungen

zum Artikel: „Trennsysteme“ von Professor Dr. R. Blasius.

Seite	168	Zeile	4	von unten	lies:	worden	statt:	werden.
„	170	„	9	„ unten	„	5	„	6.
„	171	„	9	„ „	„	7	„	8.
„	175	„	16	„ oben	„	3	„	1.
„	177	„	8	„ unten	„	Laurin	„	Lauri.
„	177	„	3	„ „	„	17	„	22.
„	177	„	1	„ „	„	145	„	185.
„	178	„	1	„ oben	„	im Haag	„	in Prag.
„	180	„	16	„ „	„	Overbeck	„	Oberbeck.
„	180	„	24	„ „	„	Waring	„	Shone.
„	184	„	11	„ oben	ist hinter dem Wort der	„geringen“	einzuschalten.	
„	194	„	2	„ „	mufs statt Form	„Formel“	gelesen werden.	



